

Тульский государственный университет
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический
университет)
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

XXXIV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Сборник докладов

Тула
Издательство ТулГУ
2025

УДК 502/504(062)
ББК 20.1я431
С56

Рецензенты:

Вольхин Сергей Николаевич, доктор педагогических наук, профессор, ректор
АНО ДПО «Академия профессионального развития»;

Рылеева Евгения Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет».

С 56 Современные проблемы экологии : сб. докладов по материалам XXXIV
Всероссийской науч.-практич. конф. / под общ. ред. В.М. Панарина; техн.
ред. Н.Н. Жукова, Л.П. Путилина. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2025. – 227 с.

ISBN 978-5-7679-5763-7

Сборник содержит материалы по проблемам состояния и оценки экологической ситуации, рационального природопользования, экологически чистых химических технологий, очистке газовых выбросов в атмосферу, применению новых методов очистки, утилизации промышленных и бытовых отходов жизнедеятельности людей, вопросам радиологической безопасности, путям и методам решения других вопросов экологии.

Выделены приоритетные направления природопользования: экономика, право, образование, а также перспективы устойчивого развития: взаимодействие органов власти, общества и бизнеса в решении экологических проблем. Даны решения некоторых практических задач охраны окружающей среды.

Материалы предназначены для научных сотрудников, преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, студентов и специалистов, занимающихся проблемами экологии и медицины.

Редакционная коллегия:

академик РАН В.П. Мешалкин; проф., д.т.н. В.М. Панарин; доц., д.т.н. А.А. Маслова; проф., д.т.н. Л.Э. Шейнкман, доц., к.т.н. А.Е. Коряков.

УДК 502/504(062)
ББК 20.1я431

ISBN 978-5-7679-5763-7

© Авторы докладов, 2025
© Издательство ТулГУ, 2025

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ОПЫТ КИТАЯ ПО ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ТБО

В.М. Панарин, А.О. Савин
Тульский государственный университет,
г.Тула

***Аннотация.** В работе представлен обзор китайских научных статей и разработок в сфере экологического мониторинга свалок и полигонов. Проведен анализ патентов, дающий представление о техническом уровне цифровизации экологического мониторинга в Китае.*

В условиях интенсивной урбанизации и промышленного развития Китай столкнулся с серьезными экологическими проблемами, связанными с управлением твердыми бытовыми отходами (ТБО). Министерство экологии и окружающей среды КНР в последние годы реализует масштабную национальную программу по цифровизации экологического мониторинга свалок и полигонов ТБО, направленную на трансформацию существующей системы в интеллектуальную цифровую сеть. Данное исследование анализирует основные результаты этой программы, опираясь на анализ китайских патентов и научных публикаций в области автоматизированных систем мониторинга вредных веществ на свалках.

Стратегические цели и структура программы

Национальная программа Китая предусматривает поэтапное преобразование системы экологического мониторинга свалок. Согласно официальным документам, к 2027 году планируется разработать новое поколение сетей мониторинга в ключевых регионах с использованием передовых технологий, таких как безэкипажное обслуживание и интеллектуальный отбор проб. К 2030 году Китай намерен полностью модернизировать систему мониторинга экологической среды, создав интегрированную воздушную, наземную и морскую сеть мониторинга, а также «умный мозг» системы. Как отметил глава департамента экологического и экологического мониторинга Цзян Хуохуа, «новые технологии, такие как искусственный интеллект и спутниковое дистанционное зондирование, будут играть все более важную роль в экологическом мониторинге Китая» [1].

Инновационные технологии и патентные разработки

Анализ патентных документов показывает, что китайские ученые разработали ряд инновационных технологий для идентификации и мониторинга свалок. Патент CN110879653A описывает систему мониторинга выбросов метана с использованием спутниковых данных, объединяющую информацию от наземных датчиков с данными дистанционного зондирования [2]. Особого внимания заслуживает патент CN111510687A, описывающий систему мониторинга с использованием технологий искусственного интеллекта для

автоматического выявления аномалий в показаниях датчиков и прогнозирования потенциальных экологических рисков. Система продемонстрировала высокую эффективность при тестировании на полигонах в провинции Гуандун [3]. Примечательной разработкой является система автоматической идентификации незаконных свалок строительных и демонтажных отходов с использованием компьютерного распознавания изображений (компьютерное зрение). Согласно исследованию Yong et al. (2023), модель DeepLabV3+ продемонстрировала точность 96,30% и IoU 74,60% при идентификации свалок. Исследование выявило 52 полигона в Шэньчжэне, включая 4 официальных и 48 подозреваемых незаконных [4].

Мониторинг фильтрата и газовых эмиссий

Китайские исследователи разработали систему параллельного потенциального мониторинга для обнаружения утечек фильтрата (патент CN112567842A), основанную на вычислениях изменений электрического потенциала в грунте. Лабораторные испытания показали высокую эффективность метода для раннего обнаружения утечек даже через геомембраны высокого качества [5]. Также запатентована (CN108459636A) автоматизированная система для анализа состава фильтрата с использованием ион-селективных электродов и спектрофотометрии, обеспечивающая непрерывный мониторинг ключевых параметров, включая концентрацию аммония, тяжелых металлов и органических соединений [6].

Интеграция технологий IoT и искусственного интеллекта

Важным аспектом китайской программы является интеграция технологий Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта для создания комплексных систем мониторинга. В 2024 году Центр управления твердыми отходами и химическими веществами Министерства экологии и окружающей среды опубликовал обновленную версию общих правил цифрового управления твердыми отходами, которая вступила в силу 1 июля 2024 года [7]. Новая версия правил вводит стандарты для разработки систем цифрового управления твердыми отходами компаниями и положения об интеллектуальном надзоре. Согласно этим правилам, компании, генерирующие отходы, должны разрабатывать цифровую систему управления опасными отходами или использовать систему, предоставляемую третьей стороной, для ведения учета и хранения соответствующих данных не менее пяти лет. Кроме того, правила предусматривают внедрение электронных меток и электронных манифестов в соответствии с обязательным национальным стандартом «Стандарт контроля загрязнения при хранении опасных отходов» (GB 18597-2023) и использование двумерных штрих-кодов для маркировки опасных отходов согласно стандарту «Техническая спецификация для установки идентификационных знаков опасных отходов» (HJ 1276-2022).

Применение ГИС и пространственного анализа

Географические информационные системы (ГИС) стали важным инструментом в китайской программе мониторинга свалок. Исследование Du et al. (2021) продемонстрировало применение методики MTInSAR для

мониторинга оседания полигона Xingfeng. Исследователи успешно решили проблему декорреляции интерферограмм из-за значительной деформации полигона, используя 3D-развертывание фазы. Анализ показал, что максимальная скорость оседания в линии видимости (LOS) достигла 0,808 м/год с августа 2018 по май 2020 года [8]. Другое важное исследование, проведенное Yang et al. (2008), показало эффективность использования ГИС и дистанционного зондирования для оценки потенциальных угроз для здоровья от свалок в провинции Цзянсу. Анализ фильтрата выявил высокие концентрации тяжелых металлов (Pb, As, Cr⁶⁺ и Hg) и органических соединений в концентрациях, опасных для здоровья человека [9].

Результаты и эффективность программы

Результаты внедрения цифровых технологий мониторинга свалок в Китае демонстрируют значительный прогресс. В 2024 году исследователи создали датасет строительных отходов для двух районов Пекина (Чанпин и Дасин), используя изображения Google Earth и GF-2. Датасет содержит 3 653 образца исходных изображений с маркированными масками для сегментации, что позволяет количественно оценить объем строительных отходов [10]. Система автоматической идентификации незаконных свалок строительных отходов, разработанная Yong et al. (2023), помогла выявить 48 подозреваемых незаконных свалок в Шэньчжэне, что свидетельствует о высокой эффективности новых методов мониторинга.

Заключение

Китайская национальная программа по цифровизации экологического мониторинга свалок и полигонов ТБО демонстрирует значительный прогресс в применении передовых технологий для решения экологических проблем. Интеграция систем дистанционного зондирования, искусственного интеллекта, IoT и ГИС позволяет осуществлять комплексный мониторинг в режиме реального времени. Анализ патентов и научных публикаций показывает, что китайские исследователи активно разрабатывают инновационные решения для автоматизированного мониторинга вредных веществ на свалках, что способствует повышению эффективности управления отходами и снижению экологических рисков. К 2030 году Китай планирует полностью трансформировать свою систему экологического мониторинга, создав интегрированную сеть с «умным мозгом», что позволит более эффективно контролировать экологическую ситуацию и предотвращать негативное воздействие свалок на окружающую среду и здоровье населения.

Список литературы

1. Сайт консульства Кумайской Республики https://english.www.gov.cn/news/202504/06/content_WS67f27314c6d0868f4e8f1769.html
2. Piero Fraternali, Luca Morandini, Sergio Luis Herrera González Solid waste detection, monitoring and mapping in remote sensing images: A survey // Waste Management, Volume 189, 1 December 2024, Pages 88-102
3. Hong-Mei Liu, Hong-Hao Sun, Rong Guo, Dong Wang Prediction of China's

Industrial Solid Waste Generation Based on the PCA-NARBP Model // Sustainability 2022, 14, 4294

4. Qiaoqiao Yong, Huanyu Wu, Jiayuan Wang Automatic identification of illegal construction and demolition waste landfills: A computer vision approach // *Waste Management* New York, 2023 Dec 1:172:267-277.

5. Xinmin Hu, Yalu Han, Yong Wang Experiment on monitoring leakage of landfill leachate by parallel potentiometric monitoring method // *Scientific Reports* volume 12, Article number: 20496 (2022) <https://www.nature.com/articles/s41598-022-24352-w>

6. Na Song, Iain McLellan, Wei Liu The waste ban in China: what happened next? Assessing the impact of new policies on the waste management sector in China // *Environmental Geochemistry and Health*, Volume 45, pages 1117–1131, (2023) <https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-021-01101-y>

7. Центр управления твердыми отходами и химикатами Китая, Общие правила для управления цифровым управлением твердых отходов от 5 Июля 2024г.

8. Yanan Du, Haiqiang Fu, Lin Liu Continued Monitoring and Modeling of Xingfeng Solid Waste Landfill Settlement, China, Based on Multiplatform SAR Images // *Remote Sens.* 2021, 13(16), 3286; <https://doi.org/10.3390/rs13163286>

9. Kun Yang, Xiao-Nong Zhou, Landfills in Jiangsu province, China, and potential threats for public health: Leachate appraisal and spatial analysis using geographic information system and remote sensing // *Waste Management*, Volume 28, Issue 12, December 2008, Pages 2750-2757

10. Shaofu Lin, Lei Huang, Xiliang Liu A construction waste landfill dataset of two districts in Beijing, China from high resolution satellite images // *Scientific Data* volume 11, Article number: 388 (2024)

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ЗАВЕРШЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, Е.В. Пахомов, В.А. Кондрашов
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрена система обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения твердых коммунальных отходов, которая является частью большой комплексной информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий.

В настоящее время с развитием дистанционных технологий появились перспективы применения автоматизированных систем мониторинга состояния полигонов ТБО. По поручению Губернатора на объектах устанавливаются

разработанные учеными из ТулГУ датчики автоматического контроля температуры и загазованности на газоотводящих трубах. Эти приборы позволяют мониторить процессы, происходящие в теле свалки. Информация о мониторинге состояния полигонов ТКО поэтапно интегрируется в систему Ситуационного центра Губернатора. За последние годы из 33 объектов накопленного вреда ликвидировано 23 общей площадью 60 гектаров. Это позволило уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, а также улучшить экологические условия проживания для 308 тысяч жителей региона.

На рис. 1 представлена схема оценки рисков с использованием автоматизированной системы обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения ТКО.



Рис. 1. Схема оценки рисков с использованием автоматизированной системы обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения ТКО

Разработка мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха выбросами полигонов ТКО является важной задачей для защиты здоровья населения и улучшения экологической обстановки. Для достижения этой цели необходимо оценить уровни загрязнения и их влияние на здоровье людей. Используются разные подходы и методы решения данной проблемы. Это и натурные наблюдения, включая дистанционный мониторинг загрязнения, и моделирование распространения загрязнителей с помощью современных компьютерных моделей, которые позволяют предсказывать распределение загрязнителей в атмосфере с учетом климатических условий, топографии и

характеристик полигона, что менее затратно, но требует высокой точности исходных данных. Также используются беспилотники с установленными датчиками, которые могут проводить аэрофотосъемку и собирать данные о концентрации загрязняющих веществ в разных точках над полигоном. Это относительно недорогой и быстрый метод [1, 2].

В нашем исследовании мы с помощью разработанной автоматизированной системы обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения ТКО осуществляли мониторинг концентрации газов, таких как метан и углекислый газ, выделяемых при разложении отходов, а также температуры в теле полигона [3]. Автоматизированная система необходима для эффективного контроля за процессами, происходящими на полигонах, и предотвращения потенциальных экологических и экономических рисков.

Функционирование системы осуществляется в следующем порядке:

- сбор данных – все датчики непрерывно передают данные на центральную станцию, частота передачи данных варьируется в зависимости от важности конкретного показателя и возможностей системы;

- анализ данных – программное обеспечение анализирует собранные данные, сравнивает их с установленными пороговыми значениями и формирует отчеты;

- оповещения и тревоги – при обнаружении отклонений от нормы система генерирует оповещения и/или активирует тревогу. Это может включать звуковое и световое сигнализирование, а также уведомления через SMS, электронную почту или мобильное приложение;

- принятие решений – операторы на основе полученной информации принимают решения о необходимости вмешательства, таких как активация системы дегазации, изменение режимов работы оборудования или проведение ремонтных работ.

- хранение и архивирование данных – данные сохраняются в базах данных для последующего анализа и отчетности. Это позволяет оценивать долгосрочные тенденции и прогнозировать будущие изменения.

Система включает в себя несколько подсистем:

1. Подсистема мониторинга, контроля и информационного обеспечения обеспечивает постоянное дистанционное наблюдение за состоянием полигонов ТКО на постэксплуатационном этапе и прилегающих районов, в том числе регулярный сбор данных о качестве атмосферного воздуха, а также своевременное выявление отклонений от заданных показателей. Система направлена на сбор, хранение, обработку и систематизацию данных, необходимых для принятия управленческих решений в области экологической безопасности; поддержание базы данных по результатам мониторинга и оценки рисков; предоставление информации заинтересованным сторонам (государственным органам, общественным организациям, населению).

Основные компоненты подсистемы мониторинга, контроля и информационного обеспечения [3]:

- датчики температуры – используются для измерения температуры внутри тела полигона, что позволяет отслеживать процессы разложения отходов и возможные очаги самовозгорания. Применение предлагаемой системы на протяжении года после ликвидации полигона ТКО показало, что температура в теле полигона изменялась в пределах 55-60°C, что свидетельствует о появлении воздуха в теле полигона;

- анализаторы состава газа – применяются для определения концентрации метана, углекислого газа и других газов, что важно для оценки экологической безопасности и эффективности дегазации;

- центральная станция обработки данных (сервер) – объединяет сигналы от всех датчиков и устройств, обрабатывает полученные данные и передает их оператору или системе управления.

Подсистема мониторинга, контроля и информационного обеспечения позволяет в режиме реального времени контролировать состояние объекта и своевременно принимать управленческие решения по минимизации неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Внедрение подсистемы позволит осуществлять непрерывный оперативный контроль в реальном масштабе времени на полигоне за счет установленных датчиков температуры и газа, позволив предотвратить развитие негативных ситуаций на полигоне.

На рис. 2 представлена структура подсистемы мониторинга, контроля и информационного обеспечения [4].

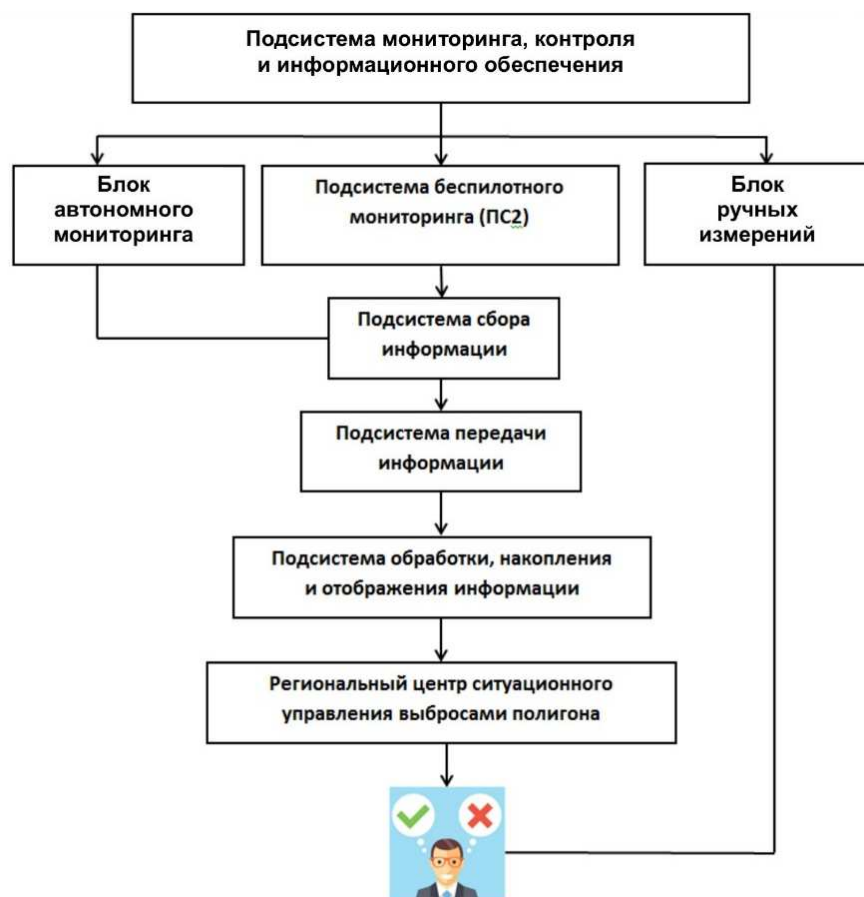


Рис. 2. Структура подсистемы мониторинга, контроля и информационного обеспечения

2. Подсистема формирования баз данных и отображения информации.

В настоящее время используется разработанное программное обеспечение для автоматического контроля температуры и загазованности в отводящей трубе для дистанционного мониторинга состояния полигона ТКО на постэксплуатационном этапе [4]. Все данные, которые поступают на сервер, отображаются на сайте.

Принцип работы подсистемы заключается в накоплении экологических данных на сервере с помощью стационарных постов, соединенных с сервером с помощью сетей сотовой связи. Информационные модули, входящие в подсистему мониторинга: подсистема сбора информации; подсистема передачи информации; подсистема обработки информации и её отображения. Область применения: мониторинг состояния объектов полигонов ТБО и свалок.

3. Подсистема моделирования распространения загрязнений в атмосферном воздухе прилегающих территорий на основе методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе в соответствии с Приказом Минприроды России от 06.06.2017 №273.

4. Подсистема корректировки фоновых значений загрязнений атмосферного воздуха на прилегающих к полигону ТКО территориях.

5. Подсистема оценки экологических рисков.

Структура автоматизированной системы обеспечения экологической безопасности при завершении эксплуатации объектов захоронения ТКО включает взаимосвязанные подсистемы, каждая из которых выполняет свою функцию в общей цепочке управления рисками и обеспечением устойчивого развития территорий. Применение данной системы с использованием станций мониторинга на территории полигонов ТКО обеспечит контроль за концентрацией газа и температурой, позволив предотвратить развитие негативных ситуаций на полигоне. Подсистема оценки экологических рисков играет ключевую роль в принятии обоснованных решений относительно будущего использования полигонов ТКО после их ликвидации.

Список литературы

1. Кащеев Р.Л. Исследование воздействия полигонов и свалок твердых коммунальных отходов на окружающую среду / Р.Л. Кащеев, М.Ю. Зенкевич, Р.С. Новиков, В.Е. Прокофьев, С.В. Саркисов, К.В. Янович. – Санкт Петербург, 2020. – 163 с.

2. Косарев А.Ю. Оценка перспективности системы по сбору и утилизации свалочного газа с учетом климатических и экономических факторов / А.Ю. Косарев, Е.В. Соломин, Г.Н. Рявкин, Д.С. Антипин, А.А. Ковалёв, Б.Т. Погорелов, А.З. Кулганатов // Вестник Московского энергетического института. – 2023. – № 3. – С. 102-108. – DOI: 10.24160/1993-6982-2023-3-102-108.

3. Маслова А. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов / А. Маслова, В. Панарин, К. Гришаков, Н. Рыбка, Д. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 11. –

С. 14-18. 2018;22(11):14-18. – DOI: 10.18412/1816-0395-2018-11-14-18.

4. Мешалкин В.П. Цифровизированная система мониторинга газовых выбросов полигонов промышленно-бытовых отходов с использованием летательных беспилотников / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 8. – С. 4-9. – DOI: 10.18412/1816-0395-2022-8-4-9.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОДСИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ПОЛИГОНОВ ТКО

В.М. Панарин, А.А. Маслова, Е.В. Пахомов, В.А. Кондрашов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассмотрена система обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения твердых коммунальных отходов, которая является частью большой комплексной информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий.*

Подсистема оценки экологических рисков для последующего использования территорий рекультивированных полигонов твердых бытовых отходов (ТКО) является важным этапом комплексной программы реабилитации загрязнённых зон, направленной на обеспечение устойчивого развития и охрану жизни и здоровья граждан страны.

Подсистема оценки экологических рисков предназначена для анализа потенциальных угроз здоровью человека и состоянию окружающей среды после завершения эксплуатации полигона, в том числе [1]:

- оценки остаточного загрязнения воздуха и водных ресурсов;
- прогнозирования возможного распространения загрязнений;
- определения вероятности возникновения негативных экологических событий;
- разработки рекомендаций по снижению рисков.

Основной задачей этой подсистемы является определение уровня экологической опасности для здоровья человека и экосистем после завершения эксплуатации полигона. Это важно для выбора дальнейшего назначения рассматриваемых территорий (капитальное строительство, посадка высокоствольной растительности и др.).

Подсистема оценки экологических рисков для последующего использования территорий рекультивированных полигонов состоит из двух частей: автоматическая подсистема в реальном времени и подсистема мониторинга с отбором проб и последующим анализом, что отражает комплексный подход к оценке рисков (рис. 1) [2].



Рис.1. Комплексный подход при построении подсистемы оценки экологических рисков для последующего использования территорий рекультивированных полигонов ТКО

Рассмотрим эти подсистемы:

1. Часть подсистемы, работающая в реальном времени в автоматическом режиме мониторинга (автоматическая подсистема) предназначена для оперативного выявления и предупреждения возможных нарушений норм и стандартов экологической безопасности. Её ключевые особенности:

- постоянный контроль. Датчики непрерывно отслеживают важные параметры окружающей среды, такие как концентрация опасных веществ в почве, воде и атмосфере, температура, влажность и др.;

- быстрая реакция. При возникновении отклонений система мгновенно сигнализирует операторам, позволяя своевременно предпринять необходимые меры;

- интеграция с другими системами. Данные, собираемые системой, могут передаваться другим подразделениям для анализа и подготовки рекомендаций по улучшению экологической обстановки.

- экономичность. Позволяет сократить затраты на проведение регулярных замеров вручную, снижает вероятность ошибок и ускоряет реагирование на критические ситуации.

2. Часть подсистемы, работающая в ручном режиме с периодическим отбором проб (подсистема мониторинга с отбором проб и последующим анализом). Этот элемент необходим для подтверждения показателей, измеряемых автоматической системой, а также для углубленного изучения сложных ситуаций, когда необходимы дополнительные аналитические исследования. К ее особенностям можно отнести:

- регулярный отбор проб, который проводится периодически (например, один раз в месяц или квартал) специалистами-экологами с целью дополнительного анализа ключевых параметров окружающей среды;

- комплексный анализ. Отобранные пробы подвергаются тщательному лабораторному исследованию, позволяющему определить точные концентрации потенциально опасных веществ и оценить динамику изменений;

- дополнительные исследования обеспечивают детализацию наблюдений, позволяя учитывать факторы, которые не фиксируются автоматическими датчиками;

- независимость результатов. Анализ проводится независимо от показаний автоматических систем, что повышает надежность итогового заключения о состоянии окружающей среды.

В нашем случае используется совместное применение обеих частей, что позволяет достичь оптимального баланса между скоростью реакции и точностью диагностики. Благодаря такому подходу обеспечивается высокий уровень информированности специалистов и органов власти о реальной экологической обстановке на территории полигона, что способствует принятию эффективных решений по дальнейшему использованию рекультивированной территории.

Автоматическая подсистема мониторинга в реальном времени является важной частью общей системы оценки экологических рисков, связанной с использованием рекультивированных полигонов ТКО. Ее основная цель заключается в постоянном контроле состояния территории полигона и своевременном обнаружении любых отклонений, которые могут привести к рискам для окружающей среды и здоровья человека [3].

На рис. 2 представлена структура автоматической подсистемы полигонов ТКО мониторинга в реальном времени.

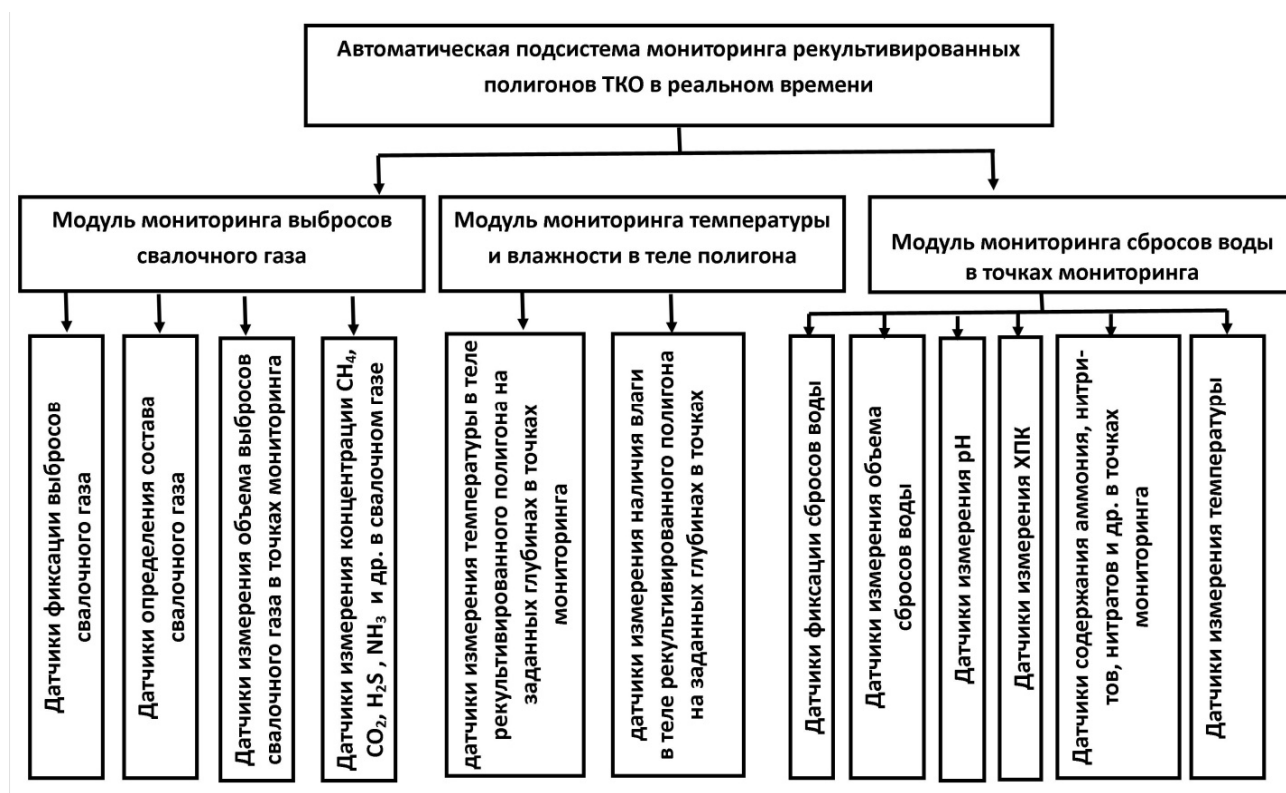


Рис. 2. Структура автоматической подсистемы мониторинга полигонов ТКО в реальном времени

Данная подсистема работает следующим образом. На первом этапе осуществляется сбор данных. Используются различные датчики и устройства, установленные непосредственно на территории полигона, для непрерывного измерения параметров окружающей среды, таких как уровень загрязнения почвы, качество воды, содержание вредных веществ в воздухе и другие показатели.

Собранные данные автоматически отправляются в центральную базу данных, где они обрабатываются и анализируются специализированным программным обеспечением.

Специальные алгоритмы сравнивают полученные значения с установленными нормами и стандартами, определяя наличие отклонений или аномалий.

Если обнаруживаются отклонения, система немедленно оповещает соответствующие службы, позволяя быстро отреагировать на ситуацию и предотвратить возможное распространение загрязнений.

Все данные сохраняются в электронном виде, что облегчает ведение отчетности и принятие обоснованных решений относительно дальнейшей судьбы полигона.

Преимущества автоматической подсистемы мониторинга заключаются в ее оперативности, точности измерений и возможности круглосуточного контроля над ситуацией. Однако она также имеет ограничения, связанные с необходимостью регулярного технического обслуживания датчиков и устройств, а также возможностью сбоев в работе оборудования.

Таким образом, автоматическая подсистема мониторинга в реальном времени служит ключевым инструментом для эффективного управления экологическими рисками, возникающими при использовании рекультивированных полигонов ТКО.

Комбинация автоматического мониторинга и периодического отбора проб делает подсистему оценки экологических рисков надежной и полноценной составляющей общей системы экологического контроля и управления территориями рекультивированных полигонов.

Список литературы

1. Панарин В.М. Механизм и модель оценки данных системы автоматизированного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитых регионов / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, О.В. Гришакова // *Экология и промышленность России*. – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 40-45. – DOI: 10.18412/1816-0395-2023-3-40-45.

2. Косарев А.Ю. Оценка перспективности системы по сбору и утилизации свалочного газа с учетом климатических и экономических факторов / А.Ю. Косарев, Е.В. Соломин, Г.Н. Рявкин, Д.С. Антипин, А.А. Ковалёв, Б.Т. Погорелов, А.З. Кулганатов // *Вестник Московского энергетического института*. – 2023. – № 3. – С. 102-108. – DOI: 10.24160/1993-6982-2023-3-102-108.

3. Маслова А. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной

свалки коммунальных отходов / А. Маслова, В. Панарин, К. Гришаков, Н. Рыбка, Д. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 11. – С. 14-18. 2018;22(11):14-18. – DOI: 10.18412/1816-0395-2018-11-14-18.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, А.Н. Коваленко
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования, направленного на формирование методологической базы для обеспечения экологической безопасности в промышленном строительстве. Актуальность темы обусловлена возрастающими требованиями к устойчивому развитию и необходимостью минимизации антропогенной нагрузки.*

В рамках исследования разработан комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающий:

1. Рекомендации для архитекторов и проектировщиков по выбору экологически безопасных планировочных и технологических решений.
2. Проект практических руководств и стандартов, применимых на этапах проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации промышленных комплексов.
3. Программы учебных курсов и материалы для профессиональной переподготовки кадров в области «зеленого» строительства.

Предложенные инструменты носят практико-ориентированный характер и предназначены для использования проектными организациями, строительными компаниями и образовательными учреждениями.

Формулирование рекомендаций для архитекторов, проектировщиков и строителей по внедрению экологически безопасных решений [1].

Для успешного внедрения экологически безопасных решений в проектирование и строительство промышленных комплексов, архитекторы, проектировщики и строители должны учитывать несколько ключевых аспектов, направленных на минимизацию воздействия на окружающую среду и повышение устойчивости зданий и сооружений. Рекомендации для этих специалистов включают следующие принципы и подходы:

1. Внедрение энергоэффективных решений

Рекомендации для архитекторов:

- Проектировать здания с учетом максимального использования естественного освещения и теплоизоляции для минимизации потребности в искусственном освещении и отоплении.
- Применять пассивные методы солнечной и ветровой энергетики,

например, проектировать здания с ориентацией по сторонам света, чтобы использовать солнечную энергию для отопления и освещения.

- Рекомендации для проектировщиков:

- Включать в проектирование системы интеллектуального управления климатом (например, автоматическое регулирование температуры и вентиляции) для оптимизации потребления энергии.

- Интегрировать альтернативные источники энергии (солнечные панели, ветряные турбины, тепловые насосы) в систему энергообеспечения здания.

Рекомендации для строителей:

- Использовать материалы с хорошими теплоизоляционными характеристиками, чтобы уменьшить теплопотери и повысить энергоэффективность зданий.

- Строить с учетом возможных инновационных решений, например, установка «зеленых» кровель, которые способствуют естественной теплоизоляции и улучшению качества воздуха.

2. Применение экологически чистых материалов

Рекомендации для архитекторов:

- Использовать материалы, которые имеют низкий углеродный след, такие как переработанные материалы (например, бетон с добавлением переработанного стекла или металла).

- Проектировать здания с использованием природных, возобновляемых материалов, таких как древесина, бамбук и натуральные камни.

Рекомендации для проектировщиков:

- Использовать биodeградируемые и перерабатываемые материалы для внутренних отделок и конструктивных элементов, чтобы минимизировать отходы и упростить процесс вторичной переработки.

- Оценивать и выбирать материалы с учетом их экологической устойчивости и воздействия на здоровье человека.

Рекомендации для строителей:

- Применять технологии строительства с использованием переработанных материалов, например, вторичного бетона или древесины.

- Строго следить за соблюдением норм и стандартов по экологической безопасности при установке материалов, чтобы избежать загрязнения окружающей среды в процессе строительства.

3. Устойчивое водоснабжение и водоотведение

Рекомендации для архитекторов:

- Проектировать здания с учетом рационального использования воды (системы сбора дождевой воды, многофункциональные водопользовательские системы).

- Интегрировать системы водосбережения (например, устройства для перераспределения воды в душевых и туалетах) для сокращения общего потребления воды.

Рекомендации для проектировщиков:

- Разрабатывать проектные решения по внедрению систем водоочистки и

рециркуляции воды, которые позволяют использовать сточные воды повторно, минимизируя загрязнение водоемов.

- Включать в проектирование системы зеленых крыш и озеленения, которые помогают удерживать дождевую воду и снижают нагрузку на канализацию.

Рекомендации для строителей:

- При строительстве зданий использовать устройства для сбора дождевой воды, фильтрации и повторного использования воды для технических нужд.
- Устанавливать системы, способствующие низкому потреблению воды, такие как энергосберегающие краны и системы управления расходом воды.

4. Устойчивое управление отходами

Рекомендации для архитекторов:

- Проектировать здания с возможностью легкой демонстрации и переработки материалов, используя модульные и гибкие конструкции.
- Проектировать зоны для сортировки и хранения отходов, а также создавать системы для минимизации отходов на строительных площадках.

Рекомендации для проектировщиков:

- Внедрять в проект решения, которые способствуют переработке строительных и бытовых отходов на объекте. Например, использование контейнеров для сортировки мусора.
- Включать в проект систему переработки отходов, таких как установка системы сбора бытовых отходов с возможностью их переработки.

Рекомендации для строителей:

- Использовать переработанные строительные материалы и сокращать количество отходов на строительных площадках через эффективное управление ресурсами.
- Внедрять методы «чистого» строительства, которые исключают избыточное использование материалов и минимизируют производственные отходы.

5. Интеграция с природной средой

Рекомендации для архитекторов:

- Проектировать здания и сооружения таким образом, чтобы они гармонично вписывались в природный ландшафт и минимизировали вмешательство в экосистему.
- Разрабатывать проекты, которые способствуют сохранению биоразнообразия, например, создание зеленых зон и использование местных растений.

Рекомендации для проектировщиков:

- Учитывать особенности экосистемы при проектировании зданий (например, устойчивое озеленение территории, создание мест для сохранения местной флоры и фауны).
- Разрабатывать проекты с учетом повышения устойчивости к природным катастрофам (например, проектирование водоотводных систем для предотвращения наводнений).

Рекомендации для строителей:

- При строительстве соблюдать экологические стандарты, не нарушая местные экосистемы, особенно при проведении земляных работ и прокладке инженерных коммуникаций.

- Включать в проект работы по озеленению территории и восстановлению природных ландшафтов, если это необходимо.

6. Обучение и повышение осведомленности

Рекомендации для архитекторов, проектировщиков и строителей:

- Участвовать в тренингах и семинарах по экологическому проектированию и строительству, чтобы быть в курсе новых решений и технологий.

- Разрабатывать проекты с учетом нормативных требований и стандартов в области экологии и устойчивого развития, следить за их актуализацией.

Эти рекомендации помогут архитекторам, проектировщикам и строителям интегрировать экологически безопасные решения на всех этапах жизненного цикла строительного проекта, начиная с концептуального проектирования и заканчивая эксплуатацией зданий.

Создание практических руководств и стандартов для применения на всех этапах жизненного цикла промышленных объектов.

Рассмотрим ключевые этапы этого процесса и элементы, которые могут быть включены в практические руководства [2-3].

Этапы жизненного цикла промышленных объектов

1.Проектирование и строительство

Цели:

- Снижение воздействия на окружающую среду с начальной стадии проектирования.

- Выбор экологически чистых материалов и технологий.

Практические рекомендации:

- Разработка оценок воздействия на окружающую среду (ОВОС).

- Внедрение принципов «зеленого» проектирования (включая энергоэффективность и использование возобновляемых источников энергии).

- Учет жизненного цикла материалов и возможность их рециклинга.

- Стандарты по минимизации отходов и загрязнений на этапе строительства.

Этап проектирования

- Применение международных стандартов (ISO 14001, BREEAM, LEED) для экологической оценки проекта.

- Использование цифровых технологий моделирования (BIM) для прогнозирования экологического воздействия.

- Оптимизация архитектурно-планировочных решений для уменьшения энергопотребления и водозатрат.

- Включение систем утилизации отходов и замкнутых циклов водо- и энергоснабжения.

Этап строительства

- Применение экологически чистых материалов с низким углеродным следом.

- Минимизация строительных отходов за счет переработки и повторного использования материалов.

- Контроль за выбросами вредных веществ и пылеобразования на площадке.

- Использование технологий энергосберегающего и малоотходного строительства.

2. Эксплуатация

Цели:

- Обеспечение безопасной и экологически чистой работы промышленных объектов.

- Мониторинг и контроль выбросов и отходов.

Практические рекомендации:

- Внедрение систем управления экологической безопасностью (СУЭБ).

- Регулярный мониторинг и аудит экологических показателей.

- Обучение персонала принципам экологической безопасности.

- Разработка и внедрение планов аварийного реагирования.

- Использование возобновляемых источников энергии

3. Модернизация и обновление

Цели:

- Повышение эффективности и уменьшение экологического следа.

- Адаптация к новым экологическим требованиям и технологиям.

Практические рекомендации:

- Оценка текущих экологических показателей и их улучшение в ходе модернизации.

- Использование технологий, позволяющих снизить потребление ресурсов.

- Стандарты для оценки экологических последствий обновлений и модернизаций.

- Применение технологий вторичной переработки отходов.

4. Закрытие и рекультивация

Цели:

- Безопасное закрытие объектов и восстановление земель.

- Минимизация долгосрочных экологических последствий.

Практические рекомендации:

- Разработка и реализация планов по закрытию и рекультивации.

- Оценка потенциальных рисков и воздействий на окружающую среду после завершения эксплуатации.

- Установление стандартов для мониторинга рекультивации и восстановления экосистем.

5. Разработка стандартов и регуляторных норм

Цели:

Создание стандартов и регуляторных норм, обязывающих учитывать экологическую безопасность на всех этапах жизненного цикла объектов:

- установление обязательных требований для проектирования, строительства, эксплуатации и вывода объектов из эксплуатации;
- введение экологических критериев для оценки влияния на окружающую среду.

Включение обратной связи с промышленностью и научным сообществом для постоянного улучшения стандартов:

- регулярное обновление нормативов на основе новых исследований и технологий;
- учет практического опыта и предложений участников промышленного сектора.

Практические шаги:

Создание комплексных стандартов и регуляторных норм:

- разработка требований для каждого этапа жизненного цикла объекта, включая:

- экологическое проектирование (внедрение энергосберегающих решений);

- строительство (минимизация отходов и контроля за выбросами);

- эксплуатацию (обязательный мониторинг и минимизация воздействия);

- ликвидацию (устойчивое обращение с отходами и рекультивация территорий);

- установление четких показателей экологической безопасности (уровень выбросов, предельно допустимые концентрации).

Организация взаимодействия с промышленностью и научным сообществом [4]:

- проведение консультаций с отраслевыми экспертами и учеными для адаптации стандартов к реальным условиям;

- внедрение механизмов обратной связи, таких как профессиональные конференции и рабочие группы;

- разработка пилотных проектов для апробации новых норм и их оптимизации перед массовым внедрением.

Обеспечение гибкости стандартов:

- установление механизмов регулярного пересмотра норм в зависимости от развития технологий и изменения экологической обстановки;

- создание условий для стимулирования инноваций (налоговые льготы, субсидии за внедрение экологически чистых технологий).

Эти меры позволят обеспечить более высокую степень защиты окружающей среды, стимулировать инновации и повысить ответственность предприятий за воздействие на природу.

Список литературы

1. Тетиор А.Н. Устойчивое развитие территорий и строительство. Экологические аспекты: монография / А.Н. Тетиор, В.А. Круподеров. – М.: Издательство АСВ, 2018. – 400 с.

2. IV Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий»

[Электронный ресурс]: сборник докладов / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т; редкол.: Д.Л. Щеголев [и др.] – Н. Новгород: ННГАСУ, 2023 – 408 с. 1 электрон. опт. диск (CD-RW) ISBN 978-5-528- 00542-3.

3. Кузнецов А.А. Принципы «зеленого» строительства в проектировании промышленных комплексов / А.А. Кузнецов // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 8. – С. 45-51.

4. International Finance Corporation 2023. All rights reserved. 2121 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. 20433 Internet: www.ifc.org

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ ПРОЦЕССОВ В ТЕЛЕ ПОЛИГОНА

В.М. Панарин, А.А. Маслова, Е.В. Пахомов, В.А. Кондрашов
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрены методические подходы к экологическому мониторингу процессов в теле полигона ТКО, которые базируются на комплексности, пространственно-временной согласованности, использовании цифровых технологий и построении индикаторных моделей. При условии надёжного мониторинга возможна объективная оценка эффективности рекультивации, предотвращение вторичного загрязнения и обеспечение экологической безопасности населения и природных комплексов.

Эффективный экологический мониторинг является основой рационального управления полигоном твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и ключевым элементом системы оценки экологического риска. Современные полигоны представляют собой сложные антропогенные образования, в теле которых протекают разнообразные физико-химические, гидродинамические и биогеохимические процессы. Без учёта этих процессов невозможно надёжное прогнозирование последствий, связанных с распространением загрязнителей, образованием свалочного газа и фильтрата, а также деградацией инженерных защитных барьеров.

Мониторинг состояния тела полигона должен быть непрерывным, интегративным и адаптивным. Его цель – получение достоверной информации о состоянии и динамике параметров, влияющих на экологическую безопасность объекта и прилегающих территорий [1-3]. Основными направлениями мониторинга являются: контроль состава и объёмов фильтрата, температуры и влажности в теле полигона, эмиссий свалочного газа, деформаций и сдвигов массива, химического состава подземных вод и состояния почв.

Традиционно подход к мониторингу полигонов делится на три уровня: оперативный (локальный), фоновый (региональный) и прогнозный (моделирующий) [4-5]. Оперативный уровень обеспечивает текущее отслеживание ключевых параметров безопасности, фоновый позволяет выявить тенденции в окружающей среде за пределами полигона, а прогнозный уровень

применяется для моделирования будущих состояний системы и оценки последствий различных сценариев эксплуатации и рекультивации.

Современные методики мониторинга основаны на сочетании дистанционных и контактных методов измерений. Применяются автоматизированные станции наблюдения, геофизические методы (электроразведка, радиолокация), пробоотборники, геохимический анализ, датчики температуры, влажности, метана, сероводорода и других загрязняющих веществ. В табл. 1 приведена классификация применяемых методов мониторинга по их назначению.

Таблица 1

Классификация методов экологического мониторинга на полигонах ТКО

Направление мониторинга	Методы и средства	Частота измерений
Фильтрат	Пробоотбор, хроматография, спектрометрия	1-2 раза в месяц
Свалочный газ	Газоанализаторы, метеостанции	Непрерывный/еженедельный
Температурное поле	Термодатчики, тепловизионное сканирование	Еженедельно/ежемесячно
Деформации и усадки	Геодезический мониторинг, инклинометры	Квартально
Подземные воды и почвы	Пьезометры, анализ проб	2-4 раза в год

Центральным элементом эффективного мониторинга становится система пространственной координации данных, основанная на применении геоинформационных систем (ГИС). По данным в работе [6], интеграция полевых измерений с цифровыми картами позволяет оперативно отслеживать зоны повышенного риска, формировать картографические модели загрязнения и принимать решения о корректирующих мероприятиях. ГИС-платформы позволяют также визуализировать динамику изменения характеристик полигона и предсказывать поведение загрязнителей в пространственно-временном аспекте.

Наиболее сложной задачей является интерпретация данных, поступающих с разных уровней мониторинга. Для этой цели используются методы математического моделирования и анализа больших данных, в том числе нейросетевые алгоритмы и машинное обучение. Как отмечается в работе [2], применение искусственного интеллекта позволяет повысить точность прогноза рисков и выявлять аномалии, недоступные при ручной обработке. Это особенно актуально для старых полигонов, где отсутствует системная информация о составе и размещении отходов.

Особую важность приобретает разработка системы индикаторов, на основе которых можно строить интегральные оценки экологической обстановки (табл.2). Например, в работах [7] и [8] предлагаются показатели, включающие индексы загрязнения фильтрата, объемы генерации газа, индекс усадки, индекс деформации, а также показатели биоразнообразия на рекультивируемой поверхности.

Таблица 2

Примеры индикаторов для интегральной оценки экологической обстановки на полигоне

Индикатор	Единицы измерения	Критическое значение
Концентрация NH_4^+ в фильтрате	мг/л	$> 5,0$
Объём генерации CH_4	м ³ /сутки	> 5000
Температура в теле полигона	°С	> 60
Скорость осадки	мм/год	> 80
Индекс биоразнообразия поверхности	Кол-во видов на 100 м ²	< 5

Эти показатели используются для ранжирования участков по степени риска и определения необходимости вмешательства. В дальнейшем индикаторы могут быть агрегированы в интегральный показатель риска по аналогии с методами экологического картирования [8-9].

Существенным ограничением в реализации систем мониторинга остаются высокие затраты на оборудование, необходимость регулярного обслуживания, а также нехватка квалифицированных специалистов. В этом контексте целесообразно развитие аутсорсинговых центров мониторинга, лабораторно-аналитических сетей и цифровых платформ коллективного доступа, обеспечивающих централизованную интерпретацию и архивирование данных [10-11].

Таким образом, методические подходы к экологическому мониторингу процессов в теле полигона ТКО должны базироваться на комплексности, пространственно-временной согласованности, использовании цифровых технологий и построении индикаторных моделей. Только при условии надёжного мониторинга возможна объективная оценка эффективности рекультивации, предотвращение вторичного загрязнения и обеспечение экологической безопасности населения и природных комплексов.

Список литературы

1. Федоров С.А. Геоинформационное моделирование экологических рисков / С.А. Федоров, Е.В. Рязанова // *Геоэкология*. – 2021. – № 3. – С. 55-63.
2. Дорофеева Н.М. Интеллектуальные методы анализа экологических данных / Н.М. Дорофеева. – СПб.: Политехника, 2022. – 296 с.
3. Костюков С.А. Экологический мониторинг как основа управления рисками / С.А. Костюков // *Природопользование*. – 2020. – № 1. – С. 41-48.

4. Иванова Е.А. Эколого-геохимическая оценка рисков при рекультивации территорий / Е.А. Иванова // Вестник экологической безопасности. – 2022. – № 5. – С. 67-73.
5. Синицын А.В. Структура мониторинга процессов в теле полигонов ТБО / А.В. Синицын // Экология и промышленность России. – 2020. – № 1. – С. 62-70.
6. Савельева Т.С., Мельникова И.П. Применение ГИС в оценке загрязнённости при рекультивации / Т.С. Савельева, И.П. Мельникова // Геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 17-25.
7. Карелина А.В. Интегральные показатели оценки экологического риска / А.В. Карелина // Экологическая безопасность. – 2021. – № 4. – С. 44-50.
8. Смолина И.В. Экологические индикаторы состояния рекультивированных территорий / И.В. Смолина // Вестник экологической экспертизы. – 2022. – № 4. – С. 11-19.
9. Лебедев П.Н. Методология прогнозирования рисков в природопользовании / П.Н. Лебедев. – М.: Научный мир, 2020. – 204 с.
10. Малышева Т.В. Роль мониторинга в предупреждении экологических катастроф / Т.В. Малышева // Экосфера. – 2019. – № 2. – С. 18-24.
11. Васильев М.Г. Автоматизированные системы мониторинга полигонов отходов / М.Г. Васильев // Природообустройство. – 2021. – № 3. – С. 35-42.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В.М. Панарин, Н.Н. Пантелеев
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования, направленного на анализ подходов к прогнозированию загрязнения атмосферного воздуха. При оценке загрязнения атмосферы целесообразно использовать вместо отдельных метеорологических элементов комплексные параметры, характеризующие конкретную метеорологическую ситуацию и конкретные метеорологические условия. При составлении прогнозов для каждого отдельного источника выявляются неблагоприятные метеорологические условия, приводящие к высокому уровню загрязнения приземного слоя атмосферы.*

Между загрязнением атмосферы и рядом метеорологических элементов, таких как солнечная радиация, температура воздуха, влажность воздуха, осадки, ветер, имеется определенная связь, описанная в ряде работ. Даже при постоянных объемах и составах выбросов загрязняющих веществ в атмосферу под влиянием тех или иных метеорологических условий уровни ее загрязнения в различных точках могут различаться весьма существенно. В связи с этим при оценке загрязнения атмосферы целесообразно использовать вместо отдельных метеорологических элементов комплексные параметры, характеризующие конкретную метеорологическую ситуацию и конкретные метеорологические условия. К примеру, известно, что при прогнозировании загрязнения

атмосферного воздуха требуют внимания сочетания опасных скоростей ветра с определенными параметрами термической стратификации атмосферы и приземной инверсией температуры. Определенное сочетание метеорологических элементов формирует те или иные метеорологические условия [1].

Прогнозирование загрязнения воздуха позволяет своевременно принять меры по сокращению вредных выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий. Численные методы прогноза реализуются с помощью уравнений, описывающих распространение примесей в атмосфере с учетом изменения их концентраций во времени. Они дают более точные результаты за счет учета режимов выбросов от источников, изменения выбросов во времени и сведений об ожидаемых метеорологических условиях. Численные методы позволяют рассчитать максимальные концентрации примесей, создающиеся на определенном расстоянии от источника выбросов при нормальных условиях.

Статистические методы прогноза применяются для оценки загрязнения от множества источников выбросов с использованием статистической обработки результатов наблюдений. При этом для упрощения задачи допускается, что за весь период наблюдений и срок прогнозирования параметры выбросов и расположение источников являются постоянными. Однако такое допущение возможно только для коротких сроков прогноза – от нескольких часов до нескольких суток. Кроме того, в случае большого числа источников и при отсутствии сведений об их мощности предполагают, что увеличение выбросов от одной их части компенсируется их уменьшением у другой их части. Таким образом, увеличение среднего и суммарного загрязнения воздуха в городе связывают исключительно с изменением метеорологической обстановки.

Разработка статистических методов прогноза начинается с выявления периодов значительного загрязнения атмосферы. Затем устанавливаются корреляционные связи между наблюдавшимся в анализируемый период уровнем загрязнения воздуха и метеорологическими величинами либо их определенными сочетаниями. Полученные результаты позволяют выработать определенные прогностические правила. Кроме того, в процессе прогнозирования пользуются методами статистической экстраполяции временной динамики загрязнения воздуха с учетом установленных корреляционных связей и инерционных факторов [2].

При составлении прогнозов загрязнения воздуха и повышения их достоверности и оправдываемости необходимо исключать из исходных данных случайные эффекты, создающие так называемый «шум», для чего используют различные методы фильтрации. Наиболее известные из них: метод, основанный на теории оптимальной фильтрации Колмогорова и Винера, с использованием уравнения Винера – Хопфа; метод фильтрации Калмана.

С целью преодоления трудностей установления статистических связей между загрязнением воздуха и соответствующими переменными необходимо учитывать одновременное влияние совокупности основных действующих факторов либо применять обобщенные данные о концентрации примесей в

целом по городу. Полученные в результате наблюдений в разных точках населенного пункта в разные сроки данные значительно меньше подвержены случайным колебаниям, чем единичные данные о концентрации. Обобщенные данные по содержанию примесей отражают вклад преобладающих источников в загрязнение воздуха, а также фоновой концентрации загрязняющих веществ в городе, образующейся в результате их перемешивания. Обобщенные характеристики гораздо меньше зависят от режима выбросов и определяются преимущественно метеорологическими факторами. Получить усредненные характеристики можно путем расчета интегральных показателей. Данный метод имеет некоторое сходство с методами фильтрации случайных процессов [1].

При составлении прогнозов для каждого отдельного источника выявляются неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), приводящие к высокому уровню загрязнения приземного слоя атмосферы. Для этого определяются опасные направления ветра, приводящие к относительно высокому уровню загрязнения воздуха, когда выбросы переносятся на городские районы от источника, расположенного на окраине или за пределами города; максимальному наложению выбросов ряда источников; переносу выбросов на районы города с плотной застройкой и со сложным рельефом местности, где концентрация примесей в приземном слое воздуха растет под влиянием местных условий. Далее рассчитываются опасные скорости ветра для разных типов источников: с горячими выбросами, холодными выбросами, линейных источников. В случае поступления примесей из множества источников с разными параметрами, наряду с опасной скоростью ветра, средневзвешенная опасная скорость ветра рассчитывается для каждого из них. Также важным является определение высоты нижней границы приподнятой инверсии, с которой связано формирование опасных концентраций, в том случае, если она расположена выше источника выброса, но не более чем 300 м над ним [3].

Для конкретной территории на синоптической карте на основе составленного прогноза скорости и направления ветра, высоты слоя перемешивания, туманов с учетом синоптической обстановки выделяются области с НМУ для отдельных групп источников. Предупреждение о НМУ передается на то предприятие, источники выбросов которого оказываются в соответствующей области. Например, если в некоторой области над северо-восточной частью заданной территории ожидается ветер 4-7 м/с и приподнятая инверсия с нижней границей 300-500 м, то предупреждения о необходимости временно снижать выбросы передаются на все расположенные в данной области высокие источники с нагретыми выбросами, которые в соответствии с ожидаемым направлением ветра будут переноситься на жилые кварталы. Если, например, в южной части этого региона расположена ось малоподвижного гребня и ожидаются штиль и приземная инверсия в течение большей части суток, то предупреждения здесь относятся ко всем низким источникам (автотранспорт, небольшие котельные, низкие источники выбросов промышленных предприятий и др.) [4].

Расчеты на ЭВМ позволяют установить неблагоприятные сочетания

направления и скорости ветра, при которых формируется загрязнение воздуха от многих отдельных источников. Расчеты полей концентраций и установление неблагоприятных сочетаний направления и скорости ветра проводятся с использованием данных об инвентаризации выбросов. На основе этих расчетов уточняются НМУ в конкретном городе. При наличии метеорологического прогноза направления и скорости ветра определяются те районы города или области, где могут формироваться наибольшие концентрации примесей в воздухе.

После передачи потребителям предупреждения о НМУ, начиная с момента их наступления, в прогностическом центре устанавливается контроль за изменениями ключевых метеорологических и аэрологических характеристик: скорости и направлении ветра у земной поверхности и в нижнем слое атмосферы (до 300-500 м); вертикальном распределении температуры в указанном слое по данным ближайшей метеостанции, с пункта шаропилотных наблюдений, с пункта радиозондирования, а также с телебашни, если на ней ведутся метеорологические наблюдения.

По данным аэрологических наблюдений отслеживается последовательное изменение скорости ветра, ведущее к штилевым условиям, определяется верхняя граница штилевой зоны, дается заключение о направленности изменений скорости ветра, о наличии инверсии и ее положении относительно эффективной высоты источника.

Контроль за метеорологическими условиями продолжается до исчезновения опасной ситуации. Параллельно осуществляется непрерывный контроль за состоянием загрязнения воздуха в обслуживаемых городах.

Наряду с указанными работами специалисты прогностических групп анализируют эффективность предупреждений о НМУ. Анализ проводится с использованием данных о концентрациях примесей в воздухе, об интегральных показателях загрязнения воздуха, а также сведений о реальном выполнении мероприятий при НМУ. Проводится оценка качества прогнозов загрязнения воздуха, специально выполняется анализ неоправдавшихся прогнозов и не предсказанных опасных эпизодов.

Задачами прогнозистов являются составление и усовершенствование схем прогноза, их детализация, повышение заблаговременности и увеличение точности прогнозов, а также согласование разработанных на предприятиях мероприятий по регулированию выбросов в периоды НМУ. Специалисты по прогнозу загрязнения воздуха территориальных управлений Федеральной службы Росгидромета также осуществляют методическое руководство данными работами в периферийных подразделениях на обслуживаемой территории.

Важным условием успешного прогнозирования загрязнения воздуха является своевременное поступление прогнозистам оперативной информации о загрязнении воздуха, в том числе:

- ежедневной, необходимой для расчета обобщенной характеристики загрязнения воздуха по городу в целом и для оценки сложившейся обстановки в городе;

- дополнительной, содержащей результаты измерений концентраций примесей в воздухе в период НМУ.

Для составления качественных прогнозов важное значение имеет использование результатов химического анализа проб воздуха. Основное требование при этом заключается в его оперативности и представлении результатов анализа в прогностическое подразделение не позднее чем через 4 часа после выполнения измерений. Для этого целесообразно организовать двухсменную работу химической лаборатории. При работе аналитической лаборатории в одну смену результаты измерения концентраций за 7 ч текущего дня и 19 ч предыдущего дня поступают к прогностисту к 11 часам следующего дня, за 13 ч – к 17 часам текущего дня. Указанный подход сохраняется при выполнении измерений по скользящему графику.

При высоком уровне загрязнения воздуха в городе наблюдения проводятся на стационарных постах через каждые 3 ч в течение всего периода действия предупреждения о НМУ.

В течение периода НМУ при ожидаемом высоком уровне загрязнения воздуха от отдельных источников наблюдения за концентрациями основных выбрасываемых примесей под факелами предприятий проводятся через каждые 2 ч. Отбор проб при этом проводится не менее чем в двух точках вблизи точки ожидаемого максимума концентраций.

Отобранные на стационарных постах и под факелами источников пробы доставляются в химическую лабораторию, где немедленно анализируются, значения концентраций сообщаются в прогностический центр.

При составлении прогнозов также используют данные автоматизированных систем контроля загрязнения атмосферы. При наличии в городе такой системы информация о концентрациях примесей на стационарных постах ежечасно поступает к прогностистам. С помощью этих данных устанавливаются пространственное распределение загрязнения по территории города и характер его временных изменений. Наряду с единичными концентрациями автоматизированная система ежечасно выдает значение обобщенного по городу показателя загрязнения воздуха за последние 6 ч для отдельных примесей и их совокупности.

Список литературы

1. Кузнецова И.Н. Неблагоприятные для качества воздуха метеорологические факторы / И.Н. Кузнецова, И.Ю. Шалыгина // Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации

2. Костылева Н.В. Вопросы к законодательству, регламентирующему разработку мероприятий по снижению выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. / Н.В. Костылева, Т.В. Сорокина, Т.Е. Гилева // Астраханский вестник экологического образования. – 2022, №6 (72). – С. 89-95. – DOI 10.36698/2304-5957-2022-6-89-95

3. Купцов А.И. Прогнозирование и экологическая оценка последствий выброса газа через свечу рассеивания при опорожнении технологического

оборудования: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань, 2016.

4. Лукин И.Л. Влияние метеоусловий на загрязнение атмосферного воздуха города Перми / И.Л. Лукин, В.А. Пивоварова // Электронный научный журнал «Дневник науки». – 2022. – Т. 12. – С. 26-36. – DOI 10.51691/2541-8327_2022_12_26.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ ОТ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ МАЗУТА М100

А.П. Спиридонова¹, А.Н. Гребёнкин¹, А.А. Гребёнкин²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург

² ООО Естественные технологии, г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** В статье рассматривается применение сорбционных технологий при ликвидации последствий аварийного разлива топочного мазута марки М100, произошедшего 15 декабря 2024 года в районе Керченского пролива в результате столкновения танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239». Проанализированы физико-химические свойства мазута, влияющие на поведение нефтепродукта в морской воде, а также эффективность применения целлюлозно-минерального сорбента AG-sorb в зависимости от температурных и солевых условий, характерных для прибрежной зоны Черного моря. По оценкам, в море попало несколько тысяч тонн топлива. Часть перемешалась с песком и осела на морское дно, часть превратилась в мазутно-водную смесь, которая разнеслась волнами и ветром по водной акватории и вызвала загрязнение береговой линии на десятки километров.*

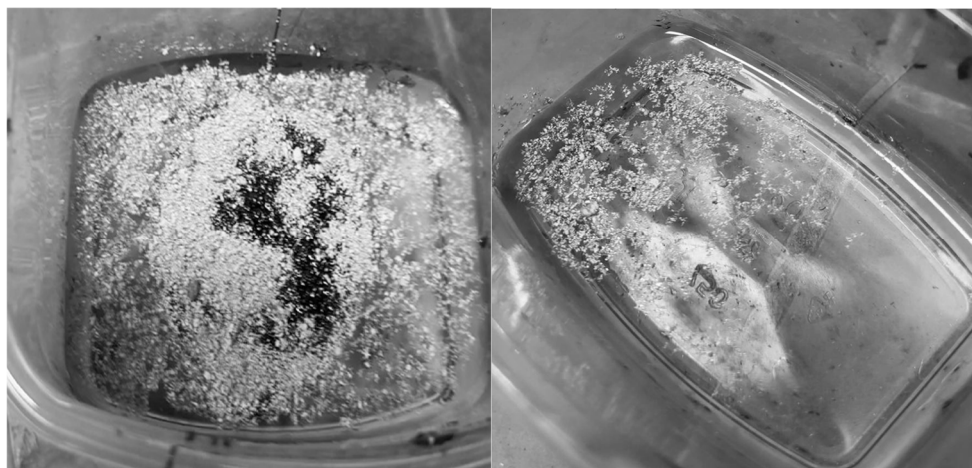
Возникла задача ликвидации загрязнения, как на водной поверхности, так и на береговой линии. Сложность проблемы очистки от таких загрязнений состоит в том, что мазут марки М100 представляет собой тяжелую углеводородную смесь, характеризующуюся высокой вязкостью и плотностью. Его состав варьируется в зависимости от предистории получения, происхождения сырья и включает углеводороды (83-87 %), водород (10-12 %), серу (до 3,5 %) и др.

Одним из эффективных методов очистки загрязнений нефтью или нефтепродуктами является сорбционная технология, предусматривающая использование материалов, способных селективно впитывать углеводороды. Особый интерес в последнее десятилетие вызывают сорбенты на основе целлюлозосодержащего растительного и промышленного сырья, обладающие высокой нефтеемкостью, доступностью и безопасной утилизацией [1-3], для которых одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность сорбции, является вязкость нефтепродукта, в свою очередь, зависящая от температуры [4-5].

Для оценки возможности применения сорбционного метода очистки была проведена серия лабораторных экспериментов с использованием целлюлозно-минерального сорбента AG-sorb, произведённого на основе переработки отходов

ЦБП [1,6]. Исследования проводились в диапазоне температур от 5 °С до 30 °С и солёности воды 10, 18 и 21 г/л, что моделирует реальные условия акватории Черного моря в районе Анапы. Методика включала определение температуры всплытия мазута при разном процентном содержании соли в воде, наблюдение за расплыванием пленки мазута на поверхности, визуальное и количественное определение сорбционной способности материала AG-sorb, анализ возможности утилизации отработанного сорбента [7].

Результаты показали, что мазут начинает всплывать при температуре воды около 15 ± 1 °С, сохраняя при этом высокую вязкость и форму, близкую к той, что он имел на дне. С повышением температуры до 20 °С и выше наблюдается активное расплывание пленки, как на поверхности воды, так и на твердой поверхности что свидетельствует о снижении вязкости и повышении текучести [8-9]. Сорбент AG-sorb показал хорошую эффективность при температуре воды от 15 °С и выше, особенно на галечных пляжах и скальных выходах [1,3]. Благодаря волокнисто-минеральной структуре он способен быстро впитывать углеводороды и легко удаляться механически с поверхности (рисунок).



Мазут в солёной воде (18 г/л) при 16 °С с нанесенным на него сорбентом
и после извлечения отработанного сорбента

Отработанный сорбент, насыщенный углеводородами, может быть переработан в топливные брикеты или использоваться в качестве добавки в асфальтовые и кровельные материалы, что минимизирует риск вторичного загрязнения [7]. Следует отметить, что содержание соли в воде (в пределах 10-21 г/л) не оказывает значительного влияния на поведение мазута. Это позволяет упростить выбор условий для практического применения сорбентов в районе Черного моря.

На основании полученных результатов можно заключить, что применение сорбционного метода с использованием материала AG-sorb является эффективным способом ликвидации разливов мазута М100 в прибрежной зоне Чёрного моря. Установлено, что повышение температуры воды свыше 20 °С способствует интенсификации процесса сорбции за счёт снижения вязкости нефтепродукта, тогда как колебания солёности в диапазоне 10-21 г/л не

оказывают статистически значимого влияния на параметры всплытия и сорбционной способности сорбента.

Список литературы

1. Гребенкин А.Н. Волокнисто-минеральные отходы целлюлозно-бумажного производства как сорбенты для разлитых нефтепродуктов / А.Н. Гребенкин, Э.Л. Аким, А.А. Гребенкин [и др.] // *Химические волокна*. – 2021. – № 2. – С. 28-33.
2. Якубовский С.Ф. Сорбционные свойства природных целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов для сбора проливов нефтепродуктов / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка [и др.] // *Вестник Полоцкого гос. ун-та*. – 2013. – № 11. – С. 110-115.
3. Спиридонова А.П. Ликвидация разливов нефти с использованием сорбентов / А.П. Спиридонова, А.А. Гребёнкин, А.Н. Гребёнкин // *Вестник молодых ученых СПбГУТД*. – 2023. – № 3. – С. 46-52.
4. Забродин А.Г. Анализ физико-механических свойств мазута М100 / А.Г. Забродин, С.Я. Алибеков [и др.] // *Вестник Казанского технол. ун-та*. – 2014. – № 5. – С. 243-245.
5. Гайле А.А. Повышение качества топочных мазутов / А.А. Гайле, А.В. Костенко // *Химия и технология топлив и масел*. – 2005. – № 4. – С. 3-9.
6. Гребенкин А.Н. Переработка и утилизация крупнотоннажных твердых целлюлозосодержащих отходов: монография / А.Н. Гребенкин, А.А. Гребенкин, А.В. Демидов; под общ. ред. В.Е. Романова. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 128 с. – (Научная мысль). – ISBN 978-5-16-011286-2. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094503> (дата обращения: 23.09.2025).
7. Савенок В.Е. Технологии улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов с очищаемых поверхностей / В.Е. Савенок, Н.А. Ковалевская, А.С. Марущак // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2015. – № 29. – С. 108-112.
8. Консейсао А.А.-да Исследование капиллярного подъема нефти и нефтепродуктов в сорбенте «DULROMABSORB» / А.А.-да Консейсао, Н.А. Самойлов // *Бакирский химический журнал*. – 2007. – Т. 14, № 4. – С. 66-69.
9. Фонарева К.А. Моделирование процесса сорбции нефтепродуктов на элементарном волокне / К.А. Фонарева // *Нефтегазовое дело*. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 216-220.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБУСТРОЙСТВО АГРОЛАНДШАФТОВ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

И.В. Дудкин

Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова,
г. Курск

***Аннотация.** Проблемы экологии в современном мире приобретают все большее значение. Актуальной задачей в этой связи является экологически обоснованное обустройство агроландшафтов. В статье выделены морфологические части агроландшафтов, приведены основные показатели, используемые для их характеристики. Указаны требования, которым они должны отвечать, а также главные принципы и правила их создания. Обращено внимание на то, что важнейшей характеристикой агроландшафтов и агроэкосистем является их экологическая безопасность. Названы меры по ее обеспечению. Отмечено, что формирование современных систем земледелия должно выполняться с учетом ландшафтных особенностей и требований экологии.*

***Ключевые слова:** экология, агроландшафт, эрозия почвы, лесомелиорация, системы земледелия, защита растений.*

Введение.

В настоящее время даже неспециалисты видят отрицательное влияние деятельности человека, прежде всего производственной, на окружающую среду. Негативные экологические последствия затрагивают все сферы человеческого бытия, все производственные отрасли и достигли глобальных масштабов. Много нерешенных экологических проблем и в сельском хозяйстве. Современные реалии требуют максимально возможной экологизации производства сельскохозяйственной продукции.

Коренным вопросом экологически обоснованного хозяйствования в аграрной сфере является проблема оптимального научно обоснованного устройства агротерриторий. В данной статье нами предпринята попытка сформулировать основные положения по выделению, структуризации и обустройству агроландшафтов, а также их использованию в производственных и иных целях.

1. Агроландшафт как территориальный объект и, в то же время, как сложная система. Основные показатели, характеризующие агроландшафт.

Агроландшафт – это географический объект, территориальный комплекс, объединяющий естественные и антропогенные элементы с различными функциями и разного назначения, включая социальную часть, относящиеся к сфере сельского хозяйства. Каждый агроландшафт является сложной геосистемой и имеет определённую структуру.

Ашинов Ю.Н. и Брантова М.М. [1] считают, что агроландшафт – это ландшафт, преобразованный для целей и под влиянием сельскохозяйственного производства, при сохранении функций средостабилизации и самовоспроизводства. Формирование агроландшафтов осуществляется либо на основе естественных ландшафтов, либо в результате реконструкции природно-хозяйственных систем в старых земледельческих районах, где планировочная организация территории складывается стихийно.

В науке о ландшафтах выделяют следующие морфологические их части: местности, урочища, подурочища, фации. Из них наименьшей неделимой единицей является фация. Чем меньше участок, тем меньше роль глобальных факторов в обособлении конкретных природно-территориальных комплексов, но сильно возрастает роль местных геолого-геоморфологических факторов. Морфологические части ландшафта могут располагаться на различных формах и элементах рельефа, отличаться друг от друга микроклиматическими условиями, водным режимом, почвенным и растительным покровом. Каждому ландшафту свойственна, с одной стороны, однотипность морфологической структуры, с другой – внутренняя дифференцированность, неоднородность, обусловленная составом сопряжённых морфологических единиц [2].

Агроландшафты должны отвечать следующим основным требованиям: быть долговечными; не нарушать уже существующих равновесных экологических систем и способствовать их стабилизации; обеспечивать общий экологический баланс территории и рациональное использование земель и атмосферных осадков; восстанавливаться в процессе хозяйственной деятельности и не требовать при этом больших эксплуатационных расходов [3].

Титова В.И. [4] приводит общие принципы и правила создания и функционирования агроландшафтов, среди которых в первую очередь выделяет принципы адекватности, совместимости и соответствия фитоценоза местообитанию; пространственного и видового разнообразия среды; оптимизации структуры и соотношения земельных угодий; учета микроразнообразия природных условий и др.

Для характеристики агроландшафта используются следующие основные показатели: геологическое строение, рельеф, почвы, грунтовые воды, поверхностные воды, растительность, различные производственные и социальные объекты [5].

2. Типизация и дифференциация земельных участков в соответствии с их характеристиками и назначением. Рациональное размещение элементов агроландшафта.

Структуризация ландшафтов проводится в соответствии с масштабностью (уровнем) объектов: вначале на макроуровне – ландшафтно-экологическое районирование, затем выделение типов и подтипов ландшафтов, на микроуровне – ландшафтно-экологическая дифференциация территории (экологическое микроразнообразие и ландшафтная дифференциация) [6].

Структурными элементами агроландшафтов являются сельскохозяйственные угодья (пашня, луга, сенокосы, пастбища, сады, залежи), лесные полосы и другие древесные и кустарниковые массивы, и даже отдельно стоящие деревья, водные объекты, полевые дороги и необрабатываемые участки, а также другие природные и созданные человеком объекты, находящиеся на землях сельскохозяйственного назначения. При противоэрозионной организации территории в агроландшафте могут быть, кроме того, такие объекты как гидротехнические сооружения, террасы, валы-террасы, каналы, кустарниковые и травянистые кулисы, буферные полосы сеяных многолетних трав и др. [7].

При установлении в конкретном землепользовании рационального соотношения пашни, естественных кормовых угодий, леса и территории под водой рекомендован расчетный метод [5], в котором используются следующие показатели: коэффициент расчленения территории, доля пашни на склонах более 1°, коэффициент напряжённости рельефа, процентное содержание смытых почв, процентное содержание территории под оврагами.

Указывается [1], что устойчивый агроландшафт может быть сформирован в том случае, если соотношение главных его компонентов (пашни, луга и леса) находится в пределах 30 % по каждой составляющей. Соотношение угодий в каждом конкретном случае устанавливается индивидуально и зависит от рельефа, гидрографических, почвенных и других условий. При продвижении от лесной зоны к степной площадь пашни, как правило, увеличивается и может значительно превышать названную выше величину.

В агроландшафтах важно правильно рассчитать не только оптимальное соотношение угодий, но и определить минимум площади, занятой естественными биоценозами – микрозаказниками и микрозаповедниками, а также сенокосно-пастбищными угодьями [8].

С нашей точки зрения важную мысль высказали Егорова Г.С. и др. [9], которые отмечают, что ландшафтный принцип организации территории не сводится к использованию природного потенциала каждого отдельного участка как такового, а основывается на сопряжённости этих участков, на их горизонтальных связях, то есть на учёте морфологического строения ландшафта как целого. В связи с этим, принимая решение о технологии возделывания культур на конкретном земельном участке, необходимо учитывать не только эффект от данного мероприятия на этом участке, но и экологические последствия в системе всего природно-территориального комплекса. То есть методологической основой целесообразности агротехнологических и мелиоративных мероприятий должен быть ландшафтно-экологический подход.

3. Экологическая безопасность. Определение факторов деградации и способов их устранения. Мониторинг агроэкосистем.

Экологическая безопасность является важнейшей характеристикой агроландшафтов и агроэкосистем. В настоящее время на многих землях сельскохозяйственного назначения наблюдается ухудшение их качества. Это связано как с природными процессами, так и с антропогенным воздействием.

Необходимым условием формирования агроландшафтов должно быть обеспечение их устойчивости. При этом устойчивость агроландшафтов надо рассматривать с двух сторон: экологическая устойчивость агроэкосистем и агроландшафта в целом (эколого-ландшафтная сторона вопроса); устойчивость производительной способности агроландшафта, его продуктивности (экономическая сторона вопроса). По устойчивости к антропогенным факторам (способности сохранять структуру и свойства в условиях антропогенных воздействий) ландшафты классифицируют на высокоустойчивые, среднеустойчивые, слабоустойчивые и неустойчивые [4].

Существует ряд причин деградации сельскохозяйственных земель, одна из

главных – эрозия почвы. В Российской Федерации подвержены водной эрозии около 63 млн. га. По примерному подсчету ежегодный прирост площади эродированных почв составляет около 150 тыс. га, прирост оврагов – 45 тыс. га [10].

В Центрально-Черноземном регионе распространена водная эрозия. Так, в Курской области эродированные почвы занимают 23 % пашни [11].

Противоэрозионные свойства почвенного покрова определяются типом почвы, ее гранулометрическим составом, содержанием гумуса, сложением, структурой, водопрочностью агрегатов, водопроницаемостью. Более устойчивы к эрозии и дефляции черноземы и дерново-подзолистые суглинистые почвы [12].

Эродированные почвы отличаются от неэродированных укороченностью гумусового горизонта, что вместе с другими неблагоприятными последствиями эрозии приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Ежегодный недобор сельскохозяйственной продукции колеблется от 150 тыс. до 200 тыс. т. [13].

Данные, полученные в Курской области [14] показывают, что под воздействием процессов эрозии в 0-25 см и 25-50 см слое чернозема типичного по сравнению с неэродированной почвой значительно снижается (в 1,5-1,3 раза и 4-2,3 раза соответственно) содержание углерода микробной биомассы.

Обращается внимание [15] на то, что за последнее время ускорились темпы дегумификации почв, которая во многих случаях преобладает над гумификацией, что является признаком деградации сельскохозяйственных земель. По обобщенным данным, на чернозёмах в лесостепной зоне за год теряется 0,7-0,9 т/га гумуса, а в степной – 0,5-0,7 т/га. Например, чернозёмы Тамбовской области в недавнем прошлом содержали от 10 до 15 % гумуса, теперь же таких почв в области нет.

В структуре сельскохозяйственных ландшафтов доминируют дестабилизирующие типы угодий (пашни, пастбища). Увеличение доли стабилизирующих элементов (например, растительных и гидрологических элементов естественного и антропогенного происхождения) в структуре сельскохозяйственных ландшафтов позволит обеспечить снижение эрозионных процессов и увеличить продуктивность [16].

Проблема экологической безопасности возникает также при использовании пестицидов и агрохимикатов. Харьковская Э.В. [17] отмечает, что при сложившемся одностороннем техногенном подходе к интенсификации сельского хозяйства в окружающую среду поступают токсические вещества. Причём, при внесении большого количества удобрений и пестицидов продуктивность агрофитоценоза не всегда увеличивается.

Нами выделены следующие основные пути загрязнения продукции растениеводства: 1) непосредственное попадание токсических веществ на растения, например, при внесении пестицидов и других химических веществ; 2) через почву; 3) с осадками; 4) при поверхностном горизонтальном или вертикальном перемещении вредных веществ с потоками воды, а также при внутрпочвенном передвижении влаги; 5) воздушный перенос загрязняющих

веществ от промышленных и сельскохозяйственных объектов; 6) путём превращения в растениях веществ в их токсичные метаболиты; 7) размножение патогенных микроорганизмов, насекомых и других вредоносных живых существ, портящих продукцию; 8) радиоактивное заражение компонентов агроэкосистем и продукции. Перекрытие этих путей поступления загрязняющих веществ позволит получать экологически чистую продукцию необходимого качества [18].

В зоне ведения интенсивного сельскохозяйственного производства существует потребность в постоянном наблюдении за происходящими изменениями в агроэкосистеме, то есть в проведении агроэкологического мониторинга, одной из задач которого является разработка рекомендаций по предупреждению и устранению негативных тенденций, связанных с загрязнением агроэкосистем [19-20].

4. Противоэрозионная организация территории и другие меры по защите почв от эрозии.

Приёмы защиты почв от эрозии направлены, в первую очередь, на сохранение плодородия почв и устранение отрицательного воздействия факторов деградации агроэкосистем на окружающую среду. Многие из них оказывают положительное влияние и на использование природных ресурсов. Так, противоэрозионные меры, кроме выполнения прямой задачи, как правило, способствуют повышению продуктивности полей благодаря предотвращению потерь питательных веществ и влаги [21].

Постолов В.Д. и Барышникова О.С. [22] перспективным методом создания устойчивых полевых сельскохозяйственных агроландшафтов считают контурное устройство территории землепользования с полосным и контурно-полосным размещением сельскохозяйственных культур. Проектирование экологически устойчивых полевых ландшафтов обеспечивает выполнение закона пространственного, временного и видового разнообразия агроэкосреды, стабилизацию и устойчивость экологического равновесия (баланса) на сельскохозяйственных угодьях и повышение продуктивности адаптивного земледелия.

По ориентировочным расчетам, в Центрально-Черноземной зоне почвозащитное земледелие с контурной организацией территории должно занимать 30 – 45 % территории пашни, а в наиболее эрозионно-опасных районах – 40-50 % [23].

Большую роль в борьбе с водной эрозией играет лесомелиорация. На защищённых лесными полосами полях не только уменьшаются эрозионные процессы, но и улучшается комплекс экологических условий окружающей среды, что благотворно воздействует на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур [24].

В снижении стока и смыва почвы существенную роль играет покрытие почвы растениями. Возделываемые культуры имеют различную почвозащитную способность. Выделяются в этом отношении многолетние травы, озимые культуры, однолетние травы. Эффективны почвозащитные севообороты, в

которых 50 % и более многолетних трав. Следует лишь учитывать, что, как показали наши исследования [25], с увеличением числа полей многолетних трав в севообороте резко возрастает засорённость пыреем ползучим. Средствами борьбы с эрозией являются также промежуточные культуры, смешанные посевы, полосное размещение культур на склонах.

На крутых склонах (более 5°) осуществляют постоянное залужение путём посева эрозионно-устойчивых злаково-бобовых травосмесей с применением удобрений, что обеспечивает сокращение смыва в 2,2-2,5 раза [26].

На эродированных склонах изменяется система обработки почвы. Предпочтение отдаётся способам механической обработки без оборачивания слоя почвы, с оставлением на поверхности стерни. Обработка почвы проводится поперёк склона. Для снижения эрозии почвы проводят также почвоуглубление, щелевание, поделку микрорельефа.

5. Сохранение и увеличение видового разнообразия.

Природа не терпит однообразия. В естественных ландшафтах вектор развития направлен на повышение биологического разнообразия. Снижение числа видов на определённой площади – это в подавляющем большинстве случаев результат действия антропогенных факторов. Человек, как доминирующий вид, всё больше жизненного пространства забирает для себя, для решения своих задач и всё меньше оставляет его для других видов. Этот процесс должен контролироваться и регулироваться самим человеком.

В экосистемах, отличающихся большим видовым разнообразием, более замкнутый круговорот питательных веществ. Вещества, не усваиваемые одними организмами, усваиваются другими, поэтому выход из экосистемы мал. В лесных полосах и на полях, защищённых ими, становится многообразнее флора и фауна. Создаются условия, обеспечивающие равновесное состояние экосистемы [27].

Повышают биологическое разнообразие смешанные посевы, которые могут быть перспективны при выращивании зернофуражных и однолетних культур на кормовые цели. Обязательным их компонентом являются бобовые, которые повышают качество корма и одновременно обогащают почву азотом [28].

6. Придание агроландшафту рекреационных функций.

Для сельских жителей агроландшафты – это не только территория, где они трудятся, но и место их отдыха, где они проводят много свободного времени. Для человека привлекательно природное разнообразие лесных полос, лугов, пастбищ, окрестностей водоёмов, других участков, не находящихся под пашней. При обустройстве агроландшафтов обязательно следует учитывать их рекреационную функцию и предпринимать необходимые меры для поддержания элементов ландшафта, выполняющих эту функцию, в экологически безопасном и эстетически привлекательном состоянии.

7. Высокая продуктивность и хозяйственная эффективность агроландшафтов.

Проблема устойчивого и эффективного производства сельскохозяйственной продукции тесно связана с проблемой создания устойчивых агроландшафтов

и агроэкосистем [29].

Местоположение сельскохозяйственных угодий в агроландшафте в значительной мере определяет эффективность производства сельскохозяйственной продукции. Так, элементы рельефа значительно различаются по условиям возделывания сельскохозяйственных культур, что сказывается на росте и развитии как культурного, так и сорного компонента полевых растительных сообществ. В наших опытах [30] наибольший выход кормовых единиц в зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах достигнут на водораздельном плато. По сравнению с водораздельным участком численность сорняков на склоне ю-ю-в экспозиции была выше в 1,9, а на с-с-з склоне – в 3,5 раза. Влияние засорённости посевов на урожайность убывало в ряду: с-с-з экспозиция – водораздел – ю-ю-в экспозиция.

8. Формирование систем земледелия в соответствии с учетом ландшафтных особенностей и требований экологии. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

В условиях плакорно-равнинного агроландшафта наиболее эффективна комбинированная разноглубинная система основной обработки почвы с дифференциацией способа и глубины обработки под отдельные культуры в севообороте. На склоновых агроландшафтах с чернозёмными почвами основой почвозащитных технологий остаются различные варианты разноглубинной противоэрозионной обработки почвы и посев сельскохозяйственных культур поперёк склона или по горизонталям [31].

Севооборот – главный биологический фактор адаптивно-ландшафтного земледелия. Его усиление возможно за счёт совершенствования структуры посевов, расширения объёмов применения сидератов, навоза, нетоварной части урожая в качестве удобрения, биопрепаратов. Комплекс мероприятий по биологизации севооборотов позволит, в конечном счёте, решить задачу максимального использования биологических факторов воспроизводства плодородия почв, нормализации фитосанитарного состояния посевов [32].

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – важный этап в развитии земледелия, но не последний. Очевидно, что системы земледелия должны совершенствоваться и дальше. На наш взгляд, верное направление при разработке новых систем земледелия задано А.М. Лыковым (2006), который отмечал, что всё очевидней становится неизбежность перехода от зональной и ландшафтной (в обоих вариантах, по существу, географической) концепций земледелия к биогеоценотической, теоретически обоснованной современной наукой и технологически достаточно реальной благодаря имеющимся методическим разработкам. Агроценотический подход к ведению земледелия требует полной дифференциации (в соответствии с природой агроценозов) всего земледельческого комплекса (севооборот, обработка, удобрение и др.). Вместе с тем, вполне обоснованным является объединение близких по природе агроценозов в крупные рабочие контуры, севооборотные выделы, агроландшафты [33].

Организация системы защиты растений осуществляется на трёх этапах:

1) конструирование агроэкосистем; 2) освоение систем управления фитосанитарным состоянием; 3) оперативное управление численностью вредных организмов [34].

Экологическая оптимизация защиты растений в интенсивных технологиях предполагает использование всех приёмов и методов, обеспечивающих минимальное применение агентов, загрязняющих окружающую среду, без снижения урожайности сельскохозяйственных культур [35].

Большим недостатком химического метода является мизерность «целевого» попадания используемых препаратов (у гербицидов – 5-40 % от применяемого количества) и короткие сроки «целевого» действия (1-2 % общего времени нахождения в окружающей среде) [36].

Можно выделить следующие пути снижения негативного действия применения пестицидов для защиты растений: использование экономических порогов вредоносности, совершенствование сортимента, в частности, применение препаратов, имеющих два и более действующих веществ, а также смесей пестицидов, снижение норм расхода препаратов, снижение их норм внесения и токсичности, совершенствование препаративных форм, снижение нецелевого расхода препаратов, использование вспомогательных веществ (прилипателей и др.), очаговые и ленточные обработки, малообъёмное и ультрамалообъёмное опрыскивание и др.

Защита растений должна быть комплексной (интегрированной). Интегрированность её состоит в научно обоснованном применении в зависимости от конкретной агроэкологической и фитосанитарной обстановки четырёх основных методов управления численностью вредных организмов в агроценозах – иммуногенетического, агротехнического, химического и биологического. Экологическая безопасность технологий предусматривает применение защитных мероприятий, не только не наносящих вред человеку и окружающей среде, но и выполняющих роль природоохранных факторов (повышение плодородия почвы, сохранение полезной микрофлоры, энтомофауны, улучшение среды обитания) [37].

Гвоздов А.П. и др. [38] в своей статье затрагивают вопрос общей стратегии производства растительной продукции. На современном этапе развития агропромышленного комплекса главной целью должна стать не максимальная урожайность любой ценой, а минимальные затраты на единицу произведенной в требуемом объёме продукции с наибольшим экономическим эффектом при сохранении и повышении почвенного плодородия, а также улучшении экологической ситуации.

Заключение. Организация агроландшафтов с использованием достижений землеустроительной и сельскохозяйственной науки, применение систем земледелия, основывающихся на знании о строении и функционировании агроландшафтов и агроэкосистем, а также учёт требований по обеспечению экологической безопасности, позволят осуществлять рациональное природопользование на аграрных территориях, не наносящее ущерб окружающей среде.

Список литературы

1. Ашинов Ю.Н., Брантова М.М. Организация агроландшафтного землеустройства // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы // Материалы V Международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию образования Майкопского государственного технологического университета (25-27 октября 2018 г.). – Майкоп, 2018. – С.222-224.
2. Волкова Н.И. Рекомендации к ландшафтному обоснованию природоохранных систем земледелия / Н.И. Волкова, В.К. Жучкова, В.А. Николаев. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 60 с.
3. Варламов А.А. Экология и использование земель / А.А. Варламов. – М.: Знание, 1991. – 64 с.
4. Титова В.И. Агроэкология: учебное пособие / В.И. Титова. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – 207 с.
5. Каиштанов А.Н. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе / А.Н. Каиштанов, А.П. Щербаков, И.И. Васенёв [и др.]. – Курск: Изд-во КГСХА, 1996. – 132 с.
6. Андришин М.В. Ландшафтно-экологическое районирование территории (Основы методики и схемы районирования) / М.В. Андришин, Н.М. Колтунов. – М.: Россельхозакадемия, 1993. – 42 с.
7. Дудкин И.В. Структурная организация экологически безопасных агроэкосистем в Среднерусской лесостепи // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях / Сборник статей II международной научно-практической конференции. – Саратов ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – С.136-146.
8. Рыбалкин Б.А. К вопросу о создании экологически устойчивых агроландшафтов Воронежской области / Б.А. Рыбалкин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – №3. – С.40-44.
9. Егорова Г.С., Максимова Н.С., Лебедева Л.В. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия как средство управления режимами функционирования агроландшафтов // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна / Материалы Национальной научной конференции. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. – С.307-312.
10. Пазова Т.Х., Жеруков А.В. Причины и последствия развития деградации склоновых почв // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования / Сборник материалов I Международной Интернет-конференции, посвящённой 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – с. Солёное Займище, 2016. – С.1533-1536.
11. Черкасов Г.Н. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко, И.В. Дудкин [и др.]. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. – 188 с.
12. Харалгина О.С. Мелиоративное земледелие / О.С. Харалгина, В.В. Рзаева, Н.В. Фисунов, С.С. Миллер. – Тюмень: ИД «Титул», 2019. – 132 с.

13. Темнышова В.А. Влияние эколого-ландшафтной организации территории в Волгоградской области на формирование агроландшафтов // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО / Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Победы в Сталинградской битве (30 января – 1 февраля 2013 г., г. Волгоград). – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – С.146-148.
14. Кузнецов А.В. Влияние степени смывистости на содержание микробной биомассы в чернозёме типичном // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева». – Курск, 2020. – С.190-192.
15. Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. Рациональное использование земли – основа формирования экологически сбалансированных агроландшафтов // Состояние почв Центрального Черноземья России и проблемы воспроизводства их плодородия / Сборник научных докладов Всероссийской науч.-практ. конференции. – Воронеж, 2015. – С.30-37.
16. Батраченко Е.А. Аспекты использования функционального зонирования сельскохозяйственных ландшафтов // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение / Международная научно-практическая конференция. – Минск: БГУ, 2022. – С.281-285.
17. Харьковская Э.В. Формирование животного и микробного населения агроценозов / Э.В. Харьковская // Агроэкологический вестник. – Воронеж: ВГАУ. – 1997. – Вып.1. – С.128-133.
18. Дудкин И.В. Получение экологически чистой продукции растениеводства // Инновационные технологии для устойчивого развития земельно-имущественного комплекса / Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Улан-Удэ, 12 апреля 2023 г.). – Улан-Удэ: Бурятская ГСХА, 2023. – С.49-54.
19. Дёгтева М.Ю. Антропогенная нагрузка на почвы и критерии её оценки / М.Ю. Дёгтева, Н.В. Афонченко // Сборник докладов Международной конференции «Современные проблемы радиологии и агроэкологии, пути реабилитации техногенно-загрязнённых угодий». – Обнинск, 2016. – С.103-106.
20. Шишкова Т.А. Экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии // Сборник докладов Международной научно-практической конференции и Школы молодых учёных, посвящённых Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – С.295-298.
21. Дудкин В.М. Основные принципы экологизации земледелия / В.М. Дудкин, А.С. Акименко // Земледелие. – 1989. – №11. – С.32-35.
22. Постолов В.Д. Опыт проектирования экологически устойчивых агроландшафтов / В.Д. Постолов, О.С. Барышникова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – №1(60). – С.234-238.
23. Постолов В.Д. Почвозащитному комплексу – ландшафтно-экологическую направленность / В.Д. Постолов // Земледелие. – 1993. – №1. – С.7-8.

24. Дудкин И.В. Плодородие почв в агролесомелиоративных комплексах // *Агропромышленный комплекс в условиях инновационного развития: наука, технологии, кадровое обеспечение / Материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 6-7 июня 2024 г.).* – Минск: БГАТУ, 2024. – С.181-186.
25. Дудкин И.В. Научное обоснование приёмов и систем регулирования засорённости посевов сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии лесостепи Центрального Черноземья: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / 06.01.01 – общее земледелие. – Курск, 2009. – 38 с.
26. Аличаев М.М., Султанова М.Г. Факторы, вызывающие эрозию на склоновых землях и меры предотвращения деградации почв // *Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия / Сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева».* – Курск, 2021. – С.27-30.
27. Архипов А.С. Повышение биоразнообразия агроландшафтов Донского бассейна методом агролесомелиорации // *Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна / Материалы Национальной научной конференции.* – Волгоград, 2020. – С.15-18.
28. Каштанов А.Н. Почвозащитные технологии и современные малозатратные технологические приёмы возделывания сельскохозяйственных культур (Рекомендации) / А.Н. Каштанов, И.В. Дудкин, А.К. Свиридов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 28 с.
29. Дудкин И.В. Создание устойчивых агроэкосистем // *Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием (г. Курск, 31 марта 2023 г., ч.2).* – Курск: Изд-во Курского ГАУ, 2023. – С.100-105.
30. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Специфика формирования сорно-полевых растительных сообществ на склоновых землях // *Теоретические и прикладные проблемы использования, сохранения и восстановления биологического разнообразия травяных экосистем / Материалы Международной конференции (г. Михайловск, 16-17 июня 2010 г.).* – Ставрополь, 2010. – С. 155-157.
31. Шабает А.И. Адаптивно-экологический вектор развития ландшафтного земледелия на юго-востоке европейской части России / А.И. Шабает // *Аграрный вестник Юго-Востока.* – 2009. – №1. – С.41-44.
32. Дудкин В.М. Экологическая роль севооборота в современных системах земледелия / В.М. Дудкин, И.В. Дудкин // *Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. Коллективная монография.* – Иваново: ПресСто, 2015. – С.195-199.
33. Лыков А.М. Введение в биогеоэкологическое (адаптивно-биосферное) земледелие / А.М. Лыков // *Плодородие.* – 2006. – №1(28). – С.27-32.
34. Черкасов Г.Н. Модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия для основных природно-сельскохозяйственных регионов страны / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко, И.В. Дудкин и др. – Курск, 2005. – 80 с.

35. Долгополова Н.В., Ишков И.В., Малышева Е.В. Основные направления совершенствования защиты растений в интенсивных технологиях // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК / Материалы III Международной научно-практической конференции, посвящённой 72-летию Курской ГСХА (г. Курск, 15 мая 2023 г., ч.1). – Курск: Изд-во Курского ГАУ, 2023. – С.35-45.

36. Черников В.Е. Агроэкология / В.Е. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев [и др.]; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

37. Санин С.С. Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве / С.С. Санин // Вестник ОрелГАУ. – 2017. – №3. – С.35-39.

38. Гвоздов А.П., Булавин Л.А., Сорока С.В. К вопросу об оценке эффективности применения гербицидов // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси / Сборник материалов Международной научно-практической конференции (7-8 июля 2022 г., г. Жодино) / РУП «Научно-исследовательский центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2022. – С. 24-27.

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Н.И. Проданов

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск

Аннотация. Утилизация твердых отходов на территории Томской области является одной из ключевых экологических и экономических задач для региона. Ввиду увеличения объемов роста численности населения, количество отходов, образующихся на территории области, продолжает стремительно увеличиваться. Проблема утилизации твердых отходов обостряется из-за недостаточного внедрения инновационных методов переработки и повторного использования материалов. Данная статья анализирует существующие методы утилизации твердых отходов на территории Томской области, включая сортировку, переработку и повторное использование материалов. Рассматриваются экономические и экологические аспекты этих методов, а также нормативно-правовое регулирование обращения с отходами. В работе подчеркивается необходимость интеграции устойчивых подходов к управлению отходами и оцениваются перспективы внедрения замкнутых циклов переработки, направленных на минимизацию объема отходов, подлежащих захоронению.

Ключевые слова: утилизация отходов, твердые отходы, переработка, повторное использование, отходы производства, экология, управление отходами, устойчивое развитие, переработка.

Основная часть:

Введение. Проблема утилизации твердых отходов на территории Томской области приобретает более острый характер в условиях глобального роста города и объемов промышленного производства. Промышленный сектор является

одним из крупнейших производителей твердых отходов, которые включают шлак, зольные отложения, полиэтилен, металлы и другие материалы, оставшиеся после завершения работ. Без надлежащей утилизации и переработки эти отходы оказывают негативное воздействие на окружающую среду, увеличивая объем свалок и приводя к загрязнению почвы, воздуха и водоемов.

Классификация отходов играет ключевую роль в их правильной утилизации, так как различные виды отходов требуют различных методов обработки, переработки или утилизации. Отходы можно классифицировать по нескольким критериям, включая их происхождение, физико-химические свойства и потенциальное воздействие на окружающую среду. Рассмотрим основные типы отходов:



Рис.1 классы опасности отходов

1. Практические неопасные отходы.

Пятый класс опасности – это отходы, которые разлагаются естественным путем. К ним относятся бытовой мусор, пищевые отходы, бумага, опилки, керамика. Отходы пятого класса опасности являются одними из самых многочисленных среди отходов, но они обладают большим потенциалом для переработки и повторного использования. Например, макулатура перерабатывается в новую бумагу. Опилки и щепа используются для изготовления паллетов, которые повторно применяются ряде промышленных отраслей.

2. Малоопасные отходы.

Четвертый класс опасности – это отходы, которые могут подвергаться биологическим или химическим изменениям и разлагаться под воздействием окружающей среды. В эту категорию входят такие материалы, как древесина, пластик, бумага, гипсокартон и текстиль. Эти отходы требуют более тщательного управления, так как при их разложении могут выделяться вещества,

загрязняющие атмосферу или почву. На восстановление экосистемы после устранения требуется до 3 лет.

3. Умеренно опасные отходы.

Третий класс опасности – это материалы, которые могут причинить значительный вред окружающей среде и здоровью людей при неправильном обращении. Среди опасных отходов выделяют асбест, краски, содержащие свинец, ртутьсодержащие приборы (например, лампы), масла, химикаты, используемые для обработки материалов, и различные растворители. Опасные отходы требуют особого обращения, начиная от этапа их сбора и заканчивая утилизацией. Химические отходы и краски должны быть утилизированы в соответствии с установленными экологическими стандартами, чтобы избежать загрязнения почвы и водоемов.

4. Высоко опасные отходы.

Второй класс включает высокоопасные вещества, которые наносят серьезный вред окружающей среде и для восстановления экологического баланса потребуется более 30 лет.

5. Чрезвычайно опасные отходы.

Отходы первого класса опасности – это отходы способные нанести непоправимый вред здоровью человека и окружающей среде при контакте.

Методы утилизации твердых отходов. Утилизация твердых отходов на объектах промышленности является важной задачей для обеспечения экологической устойчивости и экономической эффективности. С увеличением роста производства в военно-промышленном комплексе увеличиваются и объемы производственных отходов, что требует применения современных методов их переработки и утилизации. Основные методы утилизации твердых отходов включают сортировку, переработку, повторное использование, захоронение, а также инновационные подходы, такие как технологий и замкнутых циклов.

1. Сортировка отходов на территории Томской области.

Сортировка отходов – это начальный этап эффективного управления отходами. На территории города и жилом секторе активно применяются методы по раздельному сбору отходов, который свою очередь можно было бы направить на повторную переработку. Это позволяет не только улучшить экологическую ситуацию, но и снизить затраты за счет уменьшения расходов на захоронение отходов и повторного использования материалов. В 2025 году на территории Томской области заработал комплекс по переработке отходов «Сибирь» мощность объекта составляет до 250 тыс. тонн твердых коммунальных отходов в год. Данный комплекс сможет перерабатывать отходы с территории города Томска, Северска и Томского района, где концентрируется более 85 % всех отходов области.

2. Переработка отходов.

Томская область успешно реализует проект по созданию экотехнопарка «Западная Сибирь». Экотехнопарк будет выполнять функции по переработке промышленных отходов. В экотехнопарке предусмотрено использование двух технологий для переработки отходов – химическая обработка и

высокотемпературное обезвреживание. Продуктами переработки станут полезные вторичные материальные ресурсы, среди которых оксиды металлов, которые применяются при производстве силикатных материалов различного назначения, хлористый аммоний технический, необходимый в производстве удобрений. Экотехнопарк закрывает вопрос по обращению с отходами I и II классов опасности.

3. Захоронение ядерных отходов.

Захоронение ядерных отходов – это самый сложный и опасный производственный процесс на сегодня во всем мире. На территории Томской области подошли к решению данной проблемы основательно и постарались исключить возможность захоронения отработанного ядерного топлива. Проект «Прорыв» – это инновационная платформа атомной отрасли, которой нет аналогов во всем мире. Энергетика нового поколения создается на базе замкнутого ядерного топливного цикла с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Технология позволяет исключить тяжелые аварии на АЭС, вырабатывать электроэнергию без накопления облученного ядерного топлива и многократно использовать его.

4. Цифровизация процессов управления отходами.

Современные технологии играют важную роль в управлении промышленными отходами. Внедрение цифровых платформ позволяет контролировать и оптимизировать процессы сбора, сортировки и переработки отходов на всех этапах цикла. Например, использование систем мониторинга с помощью датчиков и RFID-меток позволяет отслеживать количество и типы отходов, образующихся на строительных площадках, что помогает улучшить управление процессами утилизации. Программные системы управления отходами также могут использоваться для анализа данных и прогнозирования объемов отходов, что способствует более эффективному планированию утилизации.

Таким образом, методы утилизации твердых отходов на объектах разнообразны и включают как традиционные подходы (сортировка, переработка, захоронение), так и инновационные технологии (цифровизация, замкнутые циклы переработки). Эффективное применение этих методов способствует снижению нагрузки на окружающую среду, сокращению затрат и улучшению экономической устойчивости строительных проектов.

Экономические и экологические аспекты. Экономически эффективное управление отходами способствует снижению затрат на захоронение отходов и уменьшению потребности в природных ресурсах. В экологическом плане переработка отходов помогает уменьшить объем свалок и снизить выбросы парниковых газов, что способствует улучшению экологической ситуации в регионе.

Перспективы и направления исследований. Одним из перспективных направлений в области утилизации твердых отходов является цифровизация процессов управления отходами. Это включает использование систем мониторинга и анализа данных для оптимизации процессов сбора, сортировки и

переработки отходов. Еще одно перспективное направление – развитие технологий замкнутого цикла переработки, при которых отходы одного проекта становятся ресурсами для другого. Эти подходы помогут снизить общий объем отходов и уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Заключение. Утилизация твердых отходов на территории Томской области является важной частью устойчивого развития региона. Применение современных методов переработки и повторного использования отходов позволяет не только сократить объем захоронений, но и улучшить экологическую обстановку. Для успешного решения этой задачи необходимо дальнейшее совершенствование регионального законодательства, развитие технологий и активное внедрение устойчивых методов управления отходами.

Список литературы

1. *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.*
2. *European Environment Agency. (2020). *Construction and Demolition Waste: Challenges and Opportunities in Europe*. EEA Report No 15/2020.*
3. Яковлев А.Н., Петрова М.В. (2019). Экономическая эффективность переработки строительных отходов в России. **Журнал Экономика Строительства**, 25(3), 25-38.
4. Grigorian, M. (2021). *Waste management on construction sites: New approaches and technologies. *International Journal of Construction Engineering**, 44(2), 155-170.
5. Chen, Z., Li, H., & Wong, C.T. (2002). *An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction**, 11(5), 521-533.
6. Wang, J.Y., Touran, A., Christoforou, C., & Fadlalla, H. (2004). *A Systems Analysis Tool for Construction and Demolition Wastes Management. *Waste Management & Research**, 22(3), 142-152.
7. Косарев А.И., Щербаков П.Н. (2021). Стратегии управления отходами строительства. **Экологический Вестник России**, 15(4), 42-53.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Д.А. Макаренков, В.И. Назаров, Я.А. Мавлюдова
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

Аннотация. В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов гранулирования полидисперсных многокомпонентных отходов. На основе реологического подхода разработаны математические модели, описывающие поведение материалов при компактировании в валковых прессах и прокатке в роторных грануляторах. Установлены количественные связи

между силовыми и режимными параметрами процессов. Показано, что управление структурой дисперсной среды на стадиях смешения и механоактивации позволяет существенно снизить энергозатраты при переработке широкого класса отходов, включая древесные, растительные, пищевые и неорганические отходы (опилки, лузга, пивная дробина, пирокарбон, и др). Это позволяет получать топливные гранулы с высокой теплотворной способностью.

Ключевые слова: гранулирование, компактирование, переработка отходов, дисперсные среды, реологическая модель, валковый пресс, роторный гранулятор, плоская матрица, энергоэффективность.

Введение. Перевод сыпучих порошковых и зернистых сред, в том числе различных растительных и неорганических отходов, в гранулированное состояние является актуальной задачей в технологиях рационального природопользования. Исходные материалы представляют собой полидисперсные многокомпонентные шихты (МПШ), содержащие упругие, хрупкие, пластичные и гигроскопичные компоненты. Их гранулирование требует повышенных энергозатрат. Целью работы является разработка теоретического обоснования поведения материала в зонах активного нагружения гранулирующего оборудования и методов управления процессами с использованием реологических моделей [1]. Это позволяет осуществлять процессы гранулирования отходов при оптимальных режимных параметрах и при меньших усилиях прессования.

Методология и методы исследования. Разработка процессов прессования и прокатки основана на последовательном анализе стадий процесса гранулирования с использованием основных положений механики дисперсных сред. [2,3]. Для описания поведения МПШ использовались реологические модели упруговязкопластичных сред.

Моделирование процесса в валковом прессе (ВП)

Зона очага деформации в ВП была представлена в виде канала переменного сечения с криволинейными границами. Предельное состояние порошка описывается уравнением:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = \sin^2 \varphi \cdot (\sigma_x + \sigma_y + 2P_m)^2, \quad (1)$$

где φ – угол внутреннего трения; $P_m = f(q, P_m, \varphi)$ – параметр сцепления, зависящий от сыпучести, пластической прочности и угла внутреннего трения. Реологическое уравнение Кулона-Мора для сыпуче-пластичных сред имеет вид:

$$\sigma_y = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \sigma_x + \frac{2c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (2)$$

Наибольшее главное напряжение σ_1 возникающее в очаге деформации валкового пресса, определяется из условия:

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin \varphi) + P_m \cdot \sin \varphi. \quad (3)$$

Ввиду того, что плотность однозначно определяется шаровым тензором напряжений, среднее нормально напряжение определяется по зависимости:

$$\sigma_c = \frac{1 + 2\xi}{3} P_{y0}, \quad (4)$$

где ξ – коэффициент бокового давления, который определяется по

экспериментальным данным; $P_{уд}$ – удельное давление прессования; σ_c – среднее нормальное максимальное напряжение. После преобразований и решения уравнений равновесия элемента материала и связи между нормальными и касательными напряжениями зависимость распределения контактных напряжений в зоне уплотнения валкового пресса имеет вид

$$\sigma_B(\alpha) = \sigma_1 \cdot \cos \alpha \cdot \exp \left[-f \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \left(\frac{1}{\alpha_n} + \alpha_n \right) \right] \cdot \exp \left[f \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \left(\frac{1}{\alpha} + \alpha \right) \right]. \quad (5)$$

Это позволяет определять угловые параметры процесса прессования, зависимости для расчета скоростей вращения валков, результирующего момента прокатки и установочной мощности привода ВП.

Данная зависимость позволяет определять угловые параметры процесса (угол подачи α_n , угол прокатки α_p), результирующий момент прокатки и установочную мощность привода ВП.

Моделирование процесса в роторном грануляторе (РГ) с плоской матрицей

Процесс образования гранул при движении ролика по поверхности перфорированной матрицы в РГ рассматривается в следующей последовательности. Происходит захват материала роликом и запрессовка в цилиндрикоконический канал матрицы. При это происходит предварительное уплотнение, деформирование, движение материала по каналам матрицы и выход гранул.

Используя условия равновесия элемента слоя материала в канале и реологические коэффициенты получено уравнение для определения изменения давления по длине канала [4]:

$$P_3 = P_0 \cdot \exp \left(2f \cdot \xi \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \ln \left(1 - 2 \sin \alpha \frac{\ell_2}{d_1} \right) - 4f \cdot \xi \left(\frac{\ell_1}{d_1} + \frac{\ell_3}{d_2} \right) \right). \quad (6)$$

где α – угол при вершине конуса канала; d_1 и d_3 – диаметры цилиндрической и конической части канала, м; ℓ_1 , ℓ_2 , ℓ_3 – длина участков канала прессования; ξ – коэффициент бокового давления; f – коэффициент внешнего трения; P_0 – давление прессования на входе в канал, создаваемое прессующим роликом.

Анализ уравнения (6) показывает, что для снижения потерь давления необходимо регулировать длину канала, снижать коэффициенты трения и бокового давления. Одним из методов снижения влияния трения является нагрев материала в канале, при котором происходит уменьшение пластической прочности, а свободная влага выполняет роль смазки.

Результаты и обсуждение

Разработанные модели поведения материала в очагах деформации валкового пресса и роторного гранулятора с плоской матрицей позволяют проводить расчеты силовых и энергетических параметров процессов гранулирования. Установлено, что оптимальное сочетание геометрических характеристик рабочих органов (углов, диаметров каналов, длин) и режимных

параметров (скорость вращения матрицы, удельное давление) позволяет снизить энергопотребление на 15-25 %.

Экспериментально подтверждена эффективность управления свойствами дисперсной среды как на стадии подготовки, так и в процессе движения материала через очаг деформации. Получаемые в процессе прокатки на роторном грануляторе с плоской матрицей цилиндрические гранулы обладают высокой плотностью и прочностью.

Выводы

Разработанные реологические модели и предложенные зависимости для расчета силовых параметров процессов компактирования и прокатки на роторном грануляторе позволяют проводить инженерные расчеты оборудования для гранулирования. При этом, снижаются энергозатраты на гранулирование. Предложенные технические решения можно использовать при разработке ресурсосберегающих технологий переработки многокомпонентных отходов различных отраслей промышленности.

Список литературы

1. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологиях переработки дисперсных материалов: монография / Т.Н. Ильина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 229с.
2. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: учебное пособие для ВУЗов / М.Б. Генералов. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 592 с.
3. Макаренков Д.А. Исследование процесса компактирования и окатывания дисперсных сред с регулируемыми характеристиками: дис. канд. Наук / Д.А. Макаренков. – М.: МГУИЭ, 2000. – 260 с.
4. Макаренков Д.А. Техника и технология гранулирования многокомпонентных полидисперсных материалов с использованием совмещенных процессов их подготовки: монография / Д.А. Макаренков, В.И. Назаров. – Москва, ИНФРА-М, 2023. – 297с.

ОСОБЕННОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Д.А. Макаренков, В.И. Назаров, А.Е. Катаева

Передовая инженерная школа факультета биоинженерии и биоинформатики
(ФББ) МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация. В работе приведены основные источники опасного воздействия на окружающую среду применительно к особенностям фармацевтических технологий. Проанализировано образование опасных отходов и различные особенности загрязнения воздуха, воды и почвы. Рассмотрены некоторые конструктивные особенности установок

сжигания отходов, включающая стадии сжигания отходов и дожига, получения горячей воды в котлах утилизаторах и очистки газовых выбросов реагентным методом.

Ключевые слова: фармацевтические отходы, реагенты и растворители, классификация медицинских отходов, инсинератор.

Введение.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1979 г. медицинские отходы (МО) были отнесены к категории особо опасных. Они опасны в эпидемиологическом отношении, поскольку содержат патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов, могут быть загрязнены токсичными и радиоактивными веществами. Медицинские отходы являются фактором не только прямого, но и опосредованного риска возникновения заболеваний населения за счет возможного загрязнения элементов окружающей среды (воды, воздуха, почвы, продуктов питания, внутрибольничной среды).

Рассмотрим некоторые особенности образования различных типов медицинских отходов, как на стадии подготовки основного сырья, так и в процессе их синтеза. Проанализированы основные очаги образования отходов, в частности в производстве лекарственных препаратов.

Показано, что технологии очистки сточных вод на фармацевтических заводах и муниципальных очистных сооружениях не рассчитаны на полное удаление высокоактивных молекул лекарств. В результате гормоны, антибиотики, антидепрессанты и обезболивающие препараты попадают в реки и озера.

Отсутствуют налаженные, безопасные и доступные для населения системы сбора, сортировки и переработки фармацевтических отходов, что приводит к тому, что большинство людей выбрасывают лекарства в мусор или сливают в канализацию.

Комплексный синтез многих активных фармацевтических ингредиентов (АФИ) является многостадийным процессом с низким «атомным экономическим выходом». Для производства 1 кг готового вещества может требоваться десятки и сотни килограммов исходных реагентов и растворителей, и при этом вопросы переработки или рециклинга практически не решаются.

В качестве растворителей и реагентов до сих пор часто используются хлорорганические соединения, летучие органические соединения (ЛОС) и другие токсичные вещества, что требует использования абсорбционных методов «мокрой» очистки.

Показано, что стремление к маркетинговой привлекательности, защите от подделок и соблюдению строгих стандартов приводит к созданию сложной, многослойной упаковки (пластик, алюминий, стекло), часто не поддающейся эффективной переработке.

Установлено, что сами механизмы, призванные обеспечить эффективность и безопасность лекарств (валидация, контроль качества, архивирование), порождают масштабное «теневое» производство. Объемы продукции, идущие на эти нужды, могут быть сопоставимы с коммерческими сериями, но их экологическая стоимость обычно не учитывается. Система сбора, удаления,

переработки и обезвреживания медицинских отходов в России в настоящее время несовершенна. Из-за отсутствия нормативно-правовой базы также не решен вопрос уничтожения лекарственных средств с просроченным сроком действия, лекарств, конфискованных таможней, а также фальсифицированных лекарственных средств.

Методология утилизации отходов.

Одним из основных способов утилизации отходов в европейских странах является их термическое обезвреживание, что связано с законодательным запрещением вывоза на полигоны отходов, содержащих более 5 % органических веществ. Для термической утилизации используются специальные установки – инсинераторы [1]. Их эксплуатация показала, что побочным эффектом их работы является образование диоксинов и фуранов. Инсинераторы также выбрасывают в атмосферу образующиеся кислотные и ртутные пары, тяжелые металлы, такие как кадмий, хром и мышьяк. Все эти химические вещества причиняют вред здоровью человека.

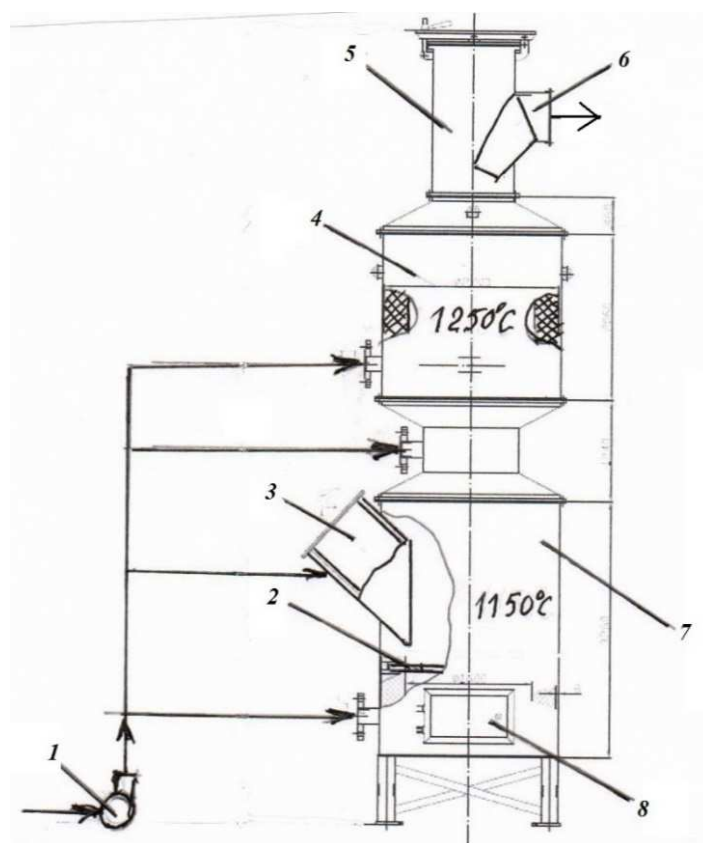
В России используются инсинераторы типа ИН-50.2 разработанные ЗАО «Турмалин» [2, 3]. Установка для сжигания – это агрегат, содержащий загрузочное устройство, камеру сжигания, камеру дожигания и форсунки. Они работают на дизельном или газовом топливе. Блок очистки дымовых газов включает скруббер, циклон, бак раствора щелочи, хвостовой вентилятор и дымовую трубу. В зависимости от модификации производительность установки составляет $(100 \div 1000)$ кг/ч при средней калорийности отходов 2500 ккал/кг. При работе форсунки в камере сжигания обеспечивается температура $T=(800-1000)^{\circ}\text{C}$. В камере смешения происходит интенсивное перемешивание и насыщение дымовых газов кислородом воздуха. В камере дожигания происходит полное сгорание углеводородов с образованием CO_2 и H_2O . Форсунки в этой камере обеспечивают температуру $T=(1100-1400)^{\circ}\text{C}$. Установленный перед скруббером теплообменник охлаждает газ с $T=1100^{\circ}\text{C}$ до $T=(200-300)^{\circ}\text{C}$. Ударное охлаждение дымовых газов исключает вторичное образование диоксинов при сжигании галогенсодержащих отходов. Токсичные соединения HCl , HF , SO_2 и NO_x нейтрализуются щелочными растворами с образованием солей и воды. В процессе сжигания периодически (3-4 раза в сутки) увлажняют и выгружают зольный остаток в контейнер для дальнейшей переработки. Рассмотрены также некоторые конструктивные особенности установки сжигания отходов и получены технологические и экологические результаты эксплуатации инсинератора с калорийностью отходов 2500 ккал/кг.

Разработаны установки переработки опасных отходов включающие стадии сжигания отходов, дожига, получения горячей воды, очистки газовых выбросов реагентным методом (известью и активированным углем) и доочистки на рукавном фильтре. Линия работает в две смены от 8 до 12 ч/сут. Достоинством технологии является экологическая чистота, возможность переработки жидких отходов и высокая надежность обезвреживания опасных отходов.

В ОАО «СИС-натуральные ресурсы» разработан мини-завод, состоящий из двух комплексов IMA2006® общей производительностью до 2500 т отходов в

год. Обезвреживание опасных отходов (в том числе просроченных или контрафактных лекарственных средств) термическим методом позволяет перерабатывать их, уменьшая объем и превращая опасные отходы в шлакозольные отходы IV класса опасности. Комплекс изготовлен на модульном принципе и учитывает местную морфологию отходов региональной системы их обращения.

Основной элемент комплекса ИМА 2006 представляет собой разборную стальную цилиндрическую вертикальную печь, состоящую из двух камер – реактора и камеры дожигания (Рис.). Камеры сжигания и дожигания соединены между собой газоходом. В камере реактора установлена неподвижная колосниковая решетка. Печь футерована многослойным огнеупорным материалом. Рабочая температура футеровки – 1500 °С. Колосниковая решетка и зольный ящик извлекаются и устанавливаются в печи через предусмотренное для данной операции окно. Для подачи избыточного воздуха печь оснащена двумя центробежными вентиляторами. Подача воздуха осуществляется на четыре уровня: под колосниковую решетку, в рабочее пространство камеры сгорания, в газоход и в рабочее пространство камеры дожигания. На верхней камере дожигания установлен газоход с предохранительным клапаном на случай резкого повышения давления в печи



Конструкция двухкамерной печи сжигания:

- 1 – вентилятор; 2 – колосниковая решетка; 3 – приемный бункер с люком;
- 4 – реактор; 5 – газоход с антивзрывным клапаном; 6 – газоход;
- 7 – камера дожигания; 8 – зона накопления золы и шлака

В установке реализована технология обезвреживания отходов в автотермическом режиме на основе управляемого послойного горения при избыточном количестве кислорода в условиях разрежения. Температура в камере дожигания установок составляет не менее 1250 °С, что позволяет избежать первичного образования диоксинов и фуранов. В целях предотвращения вторичного синтеза диоксинов и фуранов при температуре ниже 500 °С осуществляется резкое охлаждение продуктов сгорания (закалка) – за 0,1 с на 1000 °С. Это позволяет получить на выходе из системы испарительного охлаждения в «мокром» скруббере температуру 220-260 °С. Медицинские и биологические отходы обычно представляют собой крайне неоднородный материал, состоящий из органических веществ, минералов, металлов и воды.

Список литературы

1. Назаров В.И. *Техника и технология совмещенных процессов переработки твердых отходов: учебное пособие* / В.И. Назаров, Д.А. Макаренков, Н.Е. Николайкина // ИНФРА-М. – Москва, 2020-456 с (Высшее образование. Бакалавриат).
2. Ершов А.Г. *Термическое обезвреживание отходов: теория и практика, мифы и легенды [Текст]* / А.Г. Ершов, В.Л. Шубников, Л.А. Шульц // *Твердые бытовые отходы*. – 2014. – № 6. – С. 54-60.
3. Гонопольский А.М. *Энергетическая утилизация отходов [Текст]* / А.М. Гонопольский. – М.: Руда и металлы, 2006. – 152 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЧИСТОТЫ ПОДТОВАРНЫХ ВОД И ФАКЕЛЬНОГО ГАЗА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ ВНУТРЕННИХ УСТРОЙСТВ СЕПАРАТОРОВ

С.В. Строкин¹, О.М. Флисюк², О.В. Леонова¹, И.В. Доровских¹

¹ ООО «Прикладной Инженерный и Учебный Центр «Сапфир»,

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В настоящей работе приведено описание высокоэффективных внутренних устройств сепарационного оборудования и показаны их достигнутые и потенциальные эффекты на качество побочной продукции нефтегазовых месторождений. Показано, как повышается качество закачиваемых в нефтяные пласты вод и снижается концентрация капельной жидкости в газе, поступающем на сжигание на факеле. Предложена концепция моделирования внутренних устройств сепараторов на основании физико-химических свойств сырья для экстраполяции результатов применения высокоэффективных внутренних устройств на месторождения с различными качественными характеристиками добываемых газожидкостных смесей.

Ключевые слова: нефтегазовый сепаратор, внутренние устройства, водонефтяная эмульсия, подтоварная вода, попутный нефтяной газ.

Введение

При подготовке нефти, газа и воды обязательное внимание уделяется остаточному содержанию нефтепродуктов в подтоварных водах, направляемых на кустовые насосные станции, и жидких капель нефти в попутном газе. Так, в воде для заводнения нефтяных пластов допускается содержание нефти от 5 до 50 мг/л согласно ОСТ-39-225-88, а в газе, направляемом на факел, содержание капельной жидкости в принципе следует минимизировать вплоть до отсутствия, согласно Руководству, утвержденному Приказом Ростехнадзора №450 от 22.12.2021. Нарушение этих требований может повлечь за собой ухудшение качества продуктов сжигания газа – образование недожога, оксида углерода (II), сажи, копоти, с повреждением факельного оборудования, а также загрязнение водоносных горизонтов, ухудшение проницаемости нефтяных пластов от некачественной воды. Также важна и остаточная обводненность нефти, напрямую влияющая на затраты электрической энергии и топлива на ее доподготовку и транспортировку.

В условиях нерегулярного снабжения на объектах подготовки нефти стремятся минимизировать применение дорогостоящих реактивов, обеспечивающих более качественное разделение нефти и воды. Для газовых месторождений – сократить энергозатратные процессы эффективной низкотемпературной сепарации газа (кроме газовых месторождений с высокой пластовой энергией). Для повышения эффективности процессов сепарации нефти, газа и воды все более активно применяются сепараторы с внутренними устройствами в виде пакетов регулярных или нерегулярных насадок, предназначенные для повышения скорости разделения неоднородных сред.

В работе дается краткое описание внутренних устройств, достигших за счет своей конструкции, высокой эффективности при подготовке нефти, газа и воды на объектах нефтедобычи, и предлагаются меры по экстраполированию достигнутых результатов на другие объекты добычи углеводородного сырья.

Материалы и методы

На объекте нефтедобычи на территории западной Сибири извлекается сырье – газожидкостная смесь, состоящая из попутного нефтяного газа, воды и нефти. Нефть тяжелая с плотностью 945 кг/м³, с содержанием смолисто-асфальтеновых веществ до 25 %, образует стойкие эмульсии с водой. Обводненность на входе в установку предварительного сброса воды варьируется в пределах 30...70 % (об.).

Для предварительного разделения нефти, газа и воды использовали малогабаритные мобильные сепараторы, в комплексе образующие мобильную установку сброса воды (МУПСВ).

Входная сепарация осуществлялась в аппарате НГСВ (нефтегазовый сепаратор со сбросом воды) [1], включающим в себя устройство тонкослойного течения (3), устройство трубного массообмена (4), устройство пластинчатого массообмена (5) и пластинчатый каплеуловитель (10), как показано на рис. 1.

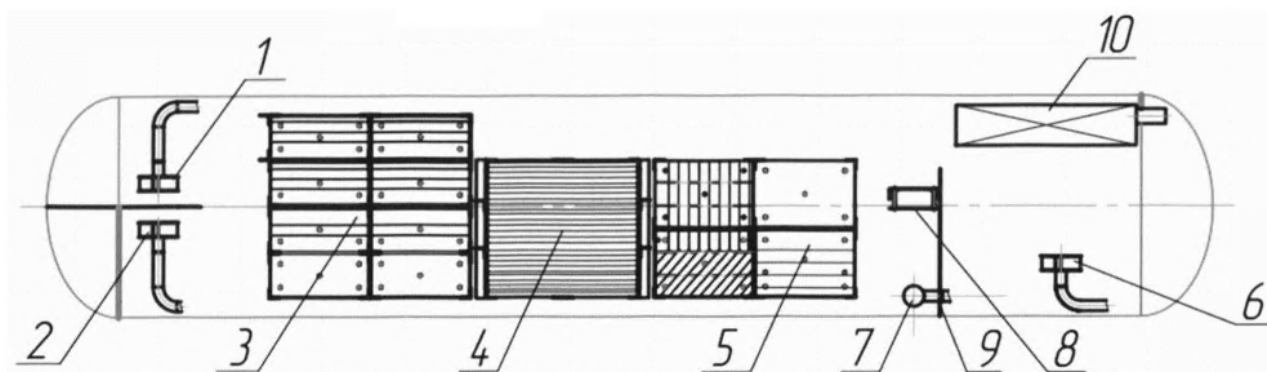


Рис. 1. Конструкция трехфазного сепаратора согласно источнику [1].

- 1 – узел ввода ГЖС; 2 – узел ввода воды; 3 – фильтр тонкослойного течения;
 4 – фильтр трубный массообменный; 5 – фильтр пластинчатый массообменный;
 6 – узел отвода неги; 7 – узел отвода воды; 8 – узел «стоп-промлой», обеспечивающий
 защиту от перелива нефти; 9 – нефтеепереливная перегородка;
 10 – пластинчатый каплеуловитель

Для отстаивания воды от нефтяной пленки и отделения газа от нефти на концевой ступени использовались отстойники с фильтрами пластинчатыми, как показано на рис. 2.

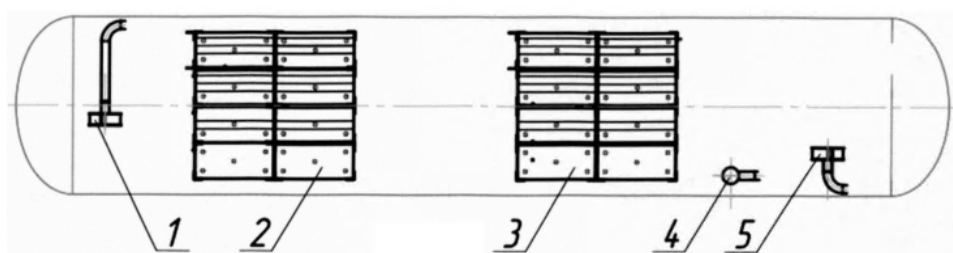


Рис. 2. Конструкция отстойника для концевой сепарации нефти, воды и газа согласно источнику [2]:

- 1 – устройство ввода ГЖС; 2,3 – фильтры тонкослойного течения; 4 – узел отвода
 отстоявшейся воды; 5 – узел отвода отстоявшейся нефти

Устройства обеспечивают следующие эффекты:

- создание развитой поверхности контакта для слияния капель дисперсных сред и направление их друг к другу;
- увеличение частоты изменения направления движения потоков, что повышает вероятность столкновения капель;
- направление потоков на уровне межфазного слоя в сторону всплытия/осаждения.

Коэффициент заполнения сепараторов 0,5, объем 40 м³, время отстаивания в НГСВ 15-25 мин., в отстойниках 30-40 мин.

Замерялись показатели остаточного содержания воды в нефти, содержания нефтепродуктов в воде, уноса капельной жидкости в газе.

Результаты

Применение множественных внутренних устройств позволило добиться следующих результатов:

- Концентрация углеводов в воде достигнута порядка 5-10 мг/л при проектном значении 50 мг/л;
- Остаточная обводненность нефти достигнута в пределах 1,5-2,5 % об. при проектном значении 10 %;
- Величина капельного уноса с газом достигнута порядка 100 мг/л при проектном значении 1000 мг/л

Таким образом, при допускаемых проектом обустройства объекта МУПСВ удалось за счет внутренних устройств обеспечить запас до 90 % по всем показателям.

Обсуждение и выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что множественные пакеты насадок и комбинация указанных типов внутренних устройств позволяют добиться для высоковязких нефтей высокой степени отделения воды, а также обеспечить отстаивание воды от нефтепродуктов до величин ниже, максимально допустимых и высокой степени очистки попутного газа. Следует отметить, что внутренние устройства были сконструированы индивидуально для нужд проекта. На текущий момент не существует единой формализованной методики проектирования внутренних устройств, однако существует большое количество исследований в области осаждения капель воды и нефти, всплытия газа в стесненных условиях. Соответственно, в других проектах разработки месторождений по-прежнему существует риск возникновения ошибки проектирования, которая повлечет за собой ухудшение качества воды, газа и нефти.

Таким образом, напрашивается вывод о необходимости разработки и применения ВУ-аналогов с возможностью варьирования конструкции для нужд объектов нефтегазодобычи с широким спектром возможных физико-химических свойств.

Создание ВУ-аналогов и методов их расчета позволит распространить полученные высокие результаты на реконструируемые и вновь вводимые объекты нефтегазодобычи и повысить общую операционную эффективность и экологическую ответственность сырьевой отрасли.

Список литературы

1. Доровских И.В., Булатов В.А., Нечаев А.С. Трехфазный сепаратор для разделения продукции нефтяных скважин. Патент RU № 196274. Опубликовано 21.02.2019, Бюл. № 6.

2. Доровских И.В., Булатов В.А., Нечаев А.С. Установка концевой сепарации газожидкостной смеси. Патент RU № 193777. Опубликовано 14.11.2019, Бюл. № 32.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ С ЦЕЛЬЮ УТИЛИЗАЦИИ В СОСТАВАХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.П. Панков, Д.В. Бесполитов, Н.Д. Шаванов, Н.А. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита

Аннотация. В настоящей работе представлены данные о химическом и фазовом составе, структурных особенностях, физико-химических и физических свойствах золошлаковой смеси котельной станции Борзя (Забайкальская железная дорога). Установлено, что золошлаковая смесь является непучинистой, по гидравлическим свойствам – инертной. Показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов составил 295 Бк/кг, что соответствует требованиям ГОСТ 30108-94. Выявлено, что золошлаковую смесь можно утилизировать в составах композиционных материалов в качестве инертного пористого наполнителя.

Ключевые слова: золошлаковые смеси, золошлаковые отходы, утилизация отходов, композиционные материалы, дорожное строительство.

Цель работы заключалась в изучении состава, свойств и структурных особенностей золошлаковой смеси (ст. Борзя) для последующей утилизации в составах композиционных материалов для усиления основной площадки земляного полотна железнодорожного пути.

Химический состав устанавливали методом рентгенофлуоресцентного анализа с помощью сканирующего рентгенофлуоресцентного спектрометра *S4 Pioneer Bruker AXS*. (4,5 кВт; 60 кВ; Ni/C многослойный монохроматор). Фазовый состав изучали методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре *Rigaku MiniFlex II* (CuK α ; 30 кВ; 15 мА; экспозиция 1 с; шаг 0,02 °; база данных ICDD). Термические особенности устанавливали методом дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии (ДСК и ТГ) на синхронном термоанализаторе *Netsch STA 449F3 Jupiter* (атмосфера воздух; разрешение ТГ – 0,1 мкг, ДСК < 1 мкВт; нагрев до 1000 °С). Инфракрасные спектры регистрировали посредством инфракрасного Фурье спектрометра *IRAffinity-1S* с приставкой *HATR-10 Shimadzu* (область 4000-400 см⁻¹; программное обеспечение LabSolutions IR). Микроструктурные особенности устанавливали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с помощью двухлучевого сканирующего электронного микроскопа *Tescan Lyra 3 XMH + EDS AZtec X-Max 80 Standart* (углерод; толщина покрытия 10 нм, плотность – 2,25 г/см³; BEI/BSE; SEI/SE). Физические свойства изучали в соответствии с требованиями государственных стандартов Российской Федерации. Показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) устанавливали по ГОСТ 30108-94, СанПиН 2.6.1.2523-09 на спектрометрах МКГБ-01 и МКСП-01 РАДЭК. Степень пучинистости изучали с помощью прибора УПГ-МГ4 по ГОСТ 28622-2012.

Выявлено, что показатель $A_{эфф}$ (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) составил 295 Бк/кг. Относительная деформация морозного пучения < 0,01; полный остаток фракции

менее 0,315 мм – 21 %; влажность – 0,6 %; истинная плотность – 1589 кг/м³; удельная поверхность – 232 м²/кг; гидросиликатный модуль – 0,09; силикатный модуль – 2,11; коэффициент качества – 0,47. Химический состав, ω, %: 55,10 SiO₂; 21,40 Al₂O₃; 4,70 Fe₂O₃; 1,99 K₂O; 0,21 Na₂O; 3,14 CaO; 1,77 MgO; 0,51 TiO₂; 0,05 P₂O₅; 0,16 SO₃; 1,30 CaO_{св}; 9,27 – потери при прокаливании. По гидравлическим свойствам золошлаковые смеси являются инертными материалами, следовательно, возможна их утилизация в составах композиционных материалов исключительно в качестве инертного минерального наполнителя.

Методом ДСК и ТГ (рис. 1 а) выявлено, что выгорание углеводородных фрагментов сопровождается потерей веса на ТГ-кривых. Экзотермический эффект при 691 °С обусловлен разложением карбонатов, общая потеря веса составила 2,9 %. Эндотермические эффекты при 120 и 640 °С свидетельствуют о присутствии глинистых минералов и потере структурной воды, соответственно. Общая потеря массы 897 °С – 5 %.

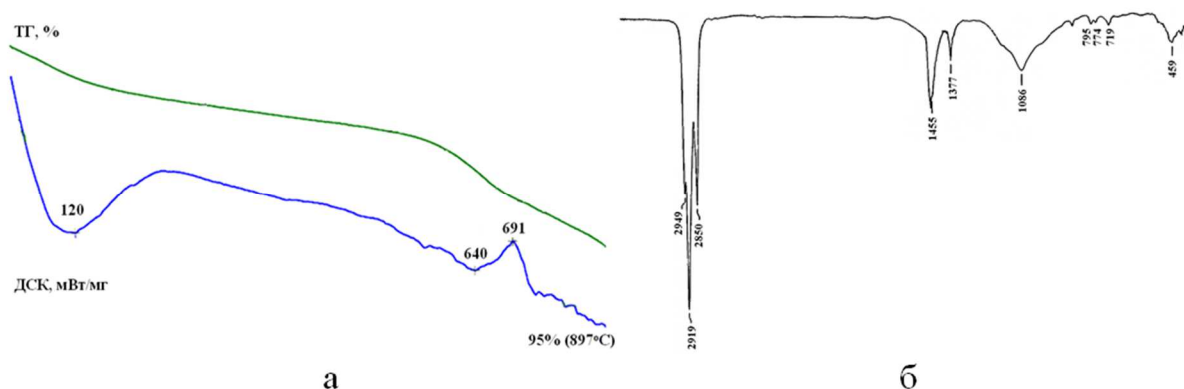


Рис. 1. Термограмма (а) и ИК-спектр (б) золошлаковой смеси

Присутствие органических соединений (угля, полукоксовых и коксовых остатков) подтверждается методом инфракрасной спектроскопии (рис. 1 б). Регистрируются интенсивные полосы поглощения (п.п.) в области 2949-2850 см⁻¹, обусловленные симметричными валентными колебаниями метильных и метиленовых групп С-Н_х углеводородных фрагментов. П.п. с максимумами при 1086, 795-719, 459 см⁻¹ характеризуют кристаллическую фазу α-кварца. П.п. с максимумами при 1455 и 1377 обусловлены деформационными колебаниями связи С-Н.

Фазовый состав (рис. 2 а): кварц SiO₂ (4,23; 3,35; 1,81 Å); муллит 3Al₂O₃2SiO₂ (5,39; 3,37; 2,20 Å); кордиерит Fe₂Al₃(AlSi₅O₁₈) (8,57; 3,13; 3,37 Å); анортит CaAl₂Si₂O₈ (4,08; 2,51; 1,84 Å); кристобалит SiO₂ (4,04; 2,48; 1,87 Å). Выявлено комплексное содержание муллита (27 мас. %) и кордиерита (4 мас. %), что может быть эффективным при получении композитов с улучшенными теплофизическими свойствами.

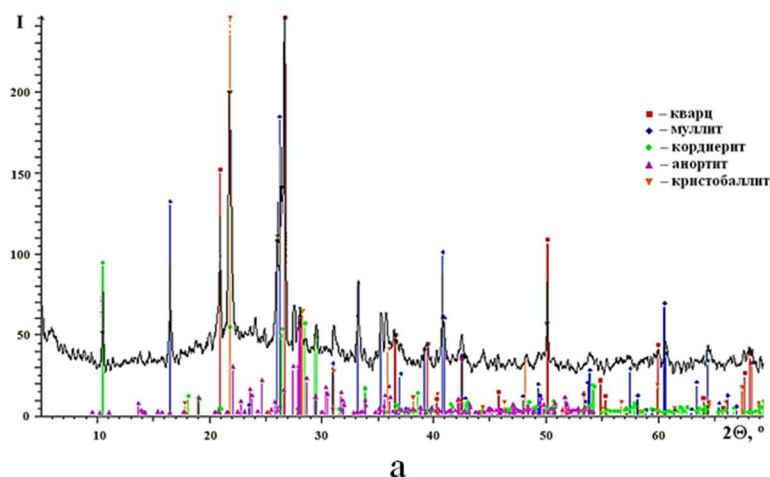


Рис. 2. Дифрактограмма (а) и микрофотография СЭМ (б) золошлаковой смеси

Методом СЭМ установлено, что для частиц золошлаковой смеси характерна неоднородная полидисперсная структура, содержащая непроплавленные фрагменты (рис. 2 а). Размер частиц составляет в среднем 2,0-321,3 мкм. Наличие мелко- и крупнопористых областей может способствовать улучшению теплофизических свойств композиционных материалов для усиления земляного полотна железнодорожного пути.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № PLVN-2025-0005 «Разработка способов утилизации крупнотоннажных отходов производства в составах композиционных материалов для усиления земляного полотна».

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ СЕРЕБРЯНКА В ИЗМАЙЛОВСКОМ ЛЕСОПАРКЕ (Г. МОСКВА) ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ВОДЫ

Э.Э. Гимазетдинова

Московский городской педагогический университет,
г. Москва

Аннотация. Представлены результаты исследования экологического состояния реки Серебрянка в Измайловском лесопарке Москвы. Цель работы – оценка качества воды по физико-химическим и органолептическим показателям. В период с декабря 2024 по август 2025 гг. проведен отбор проб в 5 точках с различной антропогенной нагрузкой. Использованы методы ионометрии (рН), качественные химические реакции и органолептический анализ. Выявлено превышение нормативов по содержанию хлоридов (до 100 мг/л) и ионов аммония (до 2,5 мг/л) в зонах влияния автотранспорта и рекреации. Установлено напряженное экологическое состояние реки на отдельных участках. Полученные данные имеют практическое значение для разработки природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: река Серебрянка, качество воды, экологический мониторинг, антропогенная нагрузка, городские экосистемы.

Введение

Измайловский лесопарк – одна из крупнейших особо охраняемых природных территорий Москвы, испытывающая значительную антропогенную нагрузку [1, 2]. Река Серебрянка, являясь главной водной артерией парка (рис.1), подвержена воздействию городской инфраструктуры и рекреации [3]. Несмотря на статус ООПТ, комплексные исследования качества воды реки ранее не проводились. Существующие работы носят фрагментарный характер [4, 5], что определяет актуальность настоящего исследования.

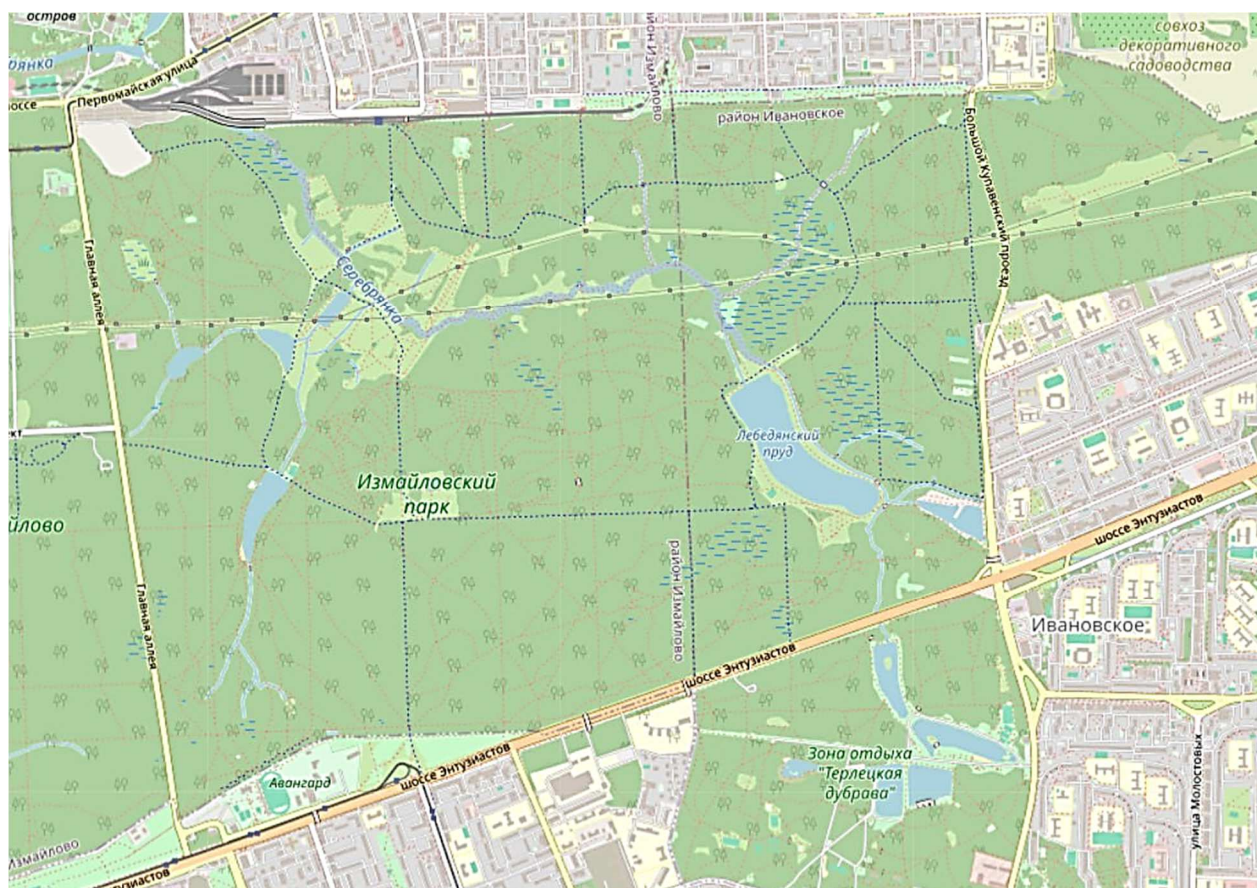


Рис.1. Географическая карта Измайловского лесопарка

Материалы и методы

Исследования проводились в 2024-2025 гг. на реке Серебрянка (Измайловский лесопарк). Организовано 5 станций отбора проб, отражающих различные условия: образцы были взяты в наиболее застойных районах реки (рис.2), где вероятность накопления загрязняющих веществ максимальная.

Отбор проб воды проводился в декабре 2024, мае и августе 2025 года. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 и ГОСТ 17.1.5.05-85.

Лабораторный анализ включал: определение рН ионометрическим методом, качественные реакции на хлориды, сульфаты, сульфиды, нитриты, ионы железа, аммония, свинца, оценку органолептических показателей

Обработка полученных данных проводилась методами описательной статистики. Оценка степени загрязнения осуществлялась путем сравнения с нормативами ПДК для водных объектов рекреационного водопользования.

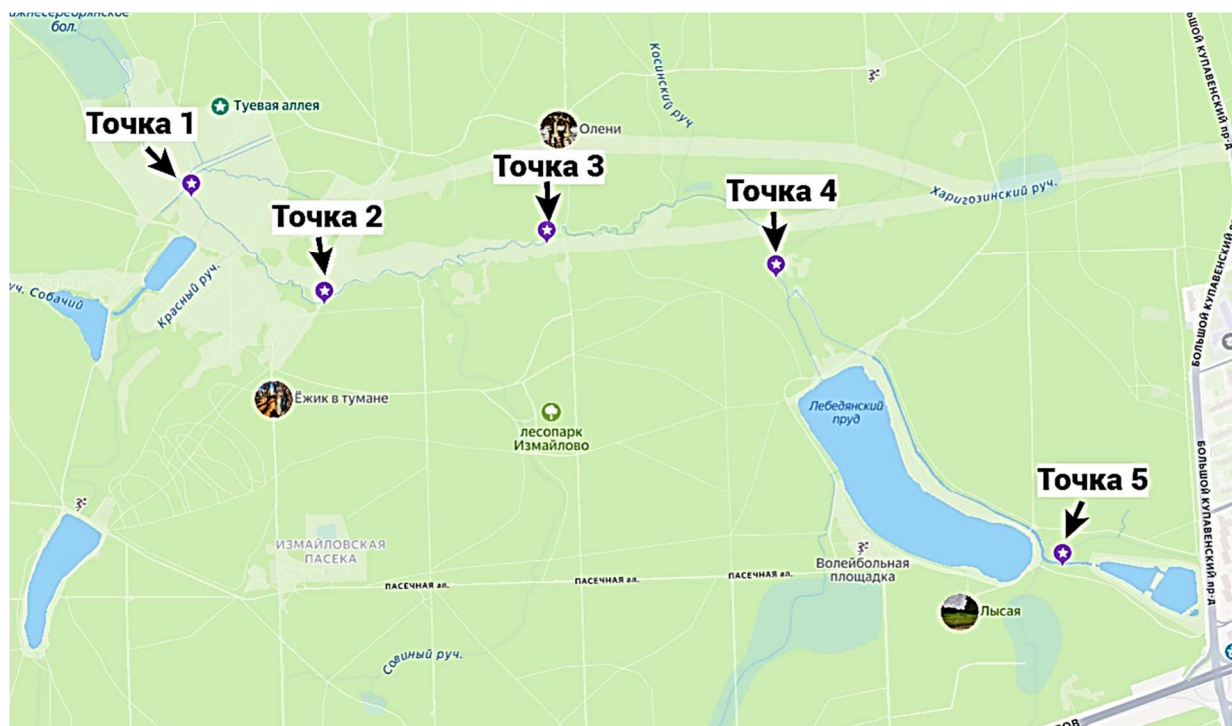


Рис.2. Карта точек сбора проб воды (масштаб 1:400)

Результаты исследования

Во всех точках отбора отмечались слабощелочные значения pH (7,86-8,36), соответствующие норме для поверхностных вод. Наиболее значимые результаты представлены в таблице.

Результаты качественного анализа образцов воды

Дата: 14.12.2024										
	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4		Образец 5	
Кислотность	8,12		8,23		8,36		8,11		7,91	
Железо	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
AgCl↓, мг/л	10-50		1-10		10-50		1-10		1-10	
BaSO4↓, мг/л	5-10		< 5		< 5		< 5		< 5	
PbI2↓	-		-		-		-		-	
NO2 ⁻	< 0,013 мг/л		< 0,013 мг/л		< 0,007 мг/л		< 0,100 мг/л		< 0,200 мг/л	
	< 0,004 мг(N)/л		< 0,004 мг(N)/л		< 0,002 мг(N)/л		< 0,003 мг(N)/л		< 0,006 мг(N)/л	
NH4 ⁺	0,8 мг(N)/л		0,8 мг(N)/л		0,8 мг(N)/л		0,8 мг(N)/л		0,8 мг(N)/л	
	1 мг (NH4 ⁺)/л		1 мг (NH4 ⁺)/л		1 мг (NH4 ⁺)/л		1 мг (NH4 ⁺)/л		1 мг (NH4 ⁺)/л	
S ²⁻	+		+		+		+		+	
Дата: 23.05.2025										
	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4		Образец 5	
Кислотность	8,26		8,28		8,2		7,96		7,90	
Железо	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AgCl↓, мг/л	10-50		10-50		10-50		1-10		1-10	
BaSO4↓, мг/л	< 5		< 5		< 5		< 5		< 5	
PbI2↓	-		-		-		-		-	
NO2 ⁻	< 0,050 мг/л		< 0,050 мг/л		< 0,050 мг/л		< 0,050 мг/л		< 0,100 мг/л	
	< 0,015 мг(N)/л		< 0,015 мг(N)/л		< 0,015 мг(N)/л		< 0,015 мг(N)/л		< 0,003 мг(N)/л	
NH4 ⁺	0,2 мг(N)/л		0,2 мг(N)/л		0,8 мг(N)/л		0,2 мг(N)/л		2,0 мг(N)/л	
	0,3 мг (NH4 ⁺)/л		0,3 мг (NH4 ⁺)/л		1 мг (NH4 ⁺)/л		0,3 мг (NH4 ⁺)/л		2,5 мг (NH4 ⁺)/л	
S ²⁻	-		-		-		-		+	

Продолжение таблицы										
Дата: 16.08.2025										
	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4		Образец 5	
Кислотность (ионметрия)	8,16		8,29		8,35		8,01		7,86	
Железо	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Fe ⁺³
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AgCl↓, мг/л	10-50		10-50		50-100		1-10		50-100	
BaSO ₄ ↓, мг/л	< 5		< 5		< 5		< 5		< 5	
PbI ₂ ↓	-		-		-		-		-	
NO ₂ ⁻	< 0,050 мг/л < 0,015 мг(N)/л		< 0,050 мг/л < 0,015 мг(N)/л		< 0,200 мг/л < 0,006 мг(N)/л		< 0,007 мг/л < 0,002 мг(N)/л		< 0,500 мг/л < 0,050 мг(N)/л	
NH ₄ ⁺	0,2 мг(N)/л 0,3 мг (NH ₄ ⁺)/л		0,2 мг(N)/л 0,3 мг (NH ₄ ⁺)/л		0,8 мг(N)/л 1 мг (NH ₄ ⁺)/л		0,2 мг(N)/л 0,3 мг (NH ₄ ⁺)/л		2,0 мг(N)/л 2,5 мг (NH ₄ ⁺)/л	
S ²⁻	+		+		+		-		+	

Наибольшее загрязнение выявлено в точке 5, где зафиксированы максимальные концентрации хлоридов (до 100 мг/л) и ионов аммония (до 2,5 мг/л), а также присутствие сульфидов в зимний и летний период. Органолептические показатели в этой точке значительно ухудшены: интенсивность запаха достигала 4 баллов, цветность – 75-100°, прозрачность снижена до 9-13,5 мм.

Повышенное содержание хлоридов отмечалось в точках 1, 2, 3 и 5, что связано с влиянием противогололедных реагентов с прилегающих автодорог. Наличие ионов аммония и нитритов во всех пробах свидетельствует о органическом загрязнении рекреационного происхождения.

Заключение

Установлено, что основными источниками загрязнения реки Серебрянка являются поверхностный сток с урбанизированных территорий, рекреационная нагрузка и влияние автомобильного транспорта.

Выявлена пространственная неоднородность загрязнения: наиболее напряженная экологическая ситуация характерна для участка ниже Лебедянского пруда (точка 5).

Комплексная оценка позволяет охарактеризовать экологическое состояние реки как напряженное, на отдельных участках – критическое.

Полученные результаты имеют практическую значимость для органов управления особо охраняемыми природными территориями г. Москвы (Мосприрода). В качестве рекомендаций предлагается: установка дополнительных информационных щитов и урн в зонах рекреации, оптимизация дорожно-тропиночной сети для минимизации эрозии берегов, ужесточение контроля за потенциальными источниками стоков, а также проведение регулярного экомониторинга по разработанной в данном исследовании схеме.

Перспективой дальнейших исследований является углубленное изучение донных отложений реки, проведение гидробиологического анализа и расширение перечня определяемых загрязняющих веществ, в частности, тяжелых металлов и нефтепродуктов.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». – М.: Минприроды России, 2023. – 200 с.

2. Водолазкин И.В. Экологическое состояние малых рек в условиях урбанизированных территорий / И.В. Водолазкин // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2020. – № 5. – С. 82-90.
3. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3106-z>
4. Михайлов В.Н. Антропогенное воздействие на водные объекты и оценка их экологического состояния / В.Н. Михайлов, М.В. Михайлова // Водное хозяйство России. – 2019. – № 1. – С. 6-21.
5. Paul M. J. Streams in the urban landscape / M.J. Paul, J.L. Meyer // Annual Review of Ecology and Systematics. 2001. – Vol. 32. – P. 333-365. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
6. Насимович Ю.А. Реки, озёра и пруды Москвы / Ю.А. Насимович. – М.: Тёмный лес, 2017. – 145 с.
7. Экологический атлас Москвы / под ред. Н. С. Касимова. – М.: ИД «Абрис», 2000. – 96 с.
8. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2023 году: Ежегодный доклад. – М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2024. – 180 с.
9. Бобров А.А. Все реки, набережные и мосты Москвы / А.А. Бобров. – М.: Алгоритм, 2013. – 400 с.
10. Авакян А.Б. Рекреационное использование городских лесов и его экологические последствия (на примере Измайловского лесопарка) / А.Б. Авакян, И.Е. Соколова // Лесной вестник. – 2018. – Т. 22, № 1. – 45-52 с.
11. https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SANPIN_2.1.5.980_VO D.pdf
12. <https://docs.cntd.ru/document/1200004636>

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ КОБАЛЬТСОДЕРЖАЩИХ ФЕНТОН-ПОДОБНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

С.В. Довгань¹, О.Д. Арефьева^{1,2}, В.В. Скурихина¹, Т.А. Емельяненко¹

¹ Дальневосточный федеральный университет,

² Институт химии ДВО РАН,

г. Владивосток

Аннотация. Синтезированы кобальтсодержащие Фентон-подобные катализаторы на основе аморфного диоксида кремния различного происхождения (минеральный и биогенный). Показано, что все образцы содержат фотоактивный Co_3O_4 и имеют аморфно-кристаллическую структуру. Морфология и распределение кобальта на поверхности композитов зависят от типа носителя. Наиболее развитая пористая структура наблюдается у катализаторов в матрице биогенного диоксида кремния, что делает их перспективными для применения в окислительных процессах.

На сегодняшний день Фентон-подобные катализаторы на основе кобальта рассматриваются как перспективные материалы для разрушения органических

загрязнителей. Они способны эффективно активировать пероксид водорода с генерацией $\cdot\text{OH}$ или взаимодействует с органическими веществами с выделением органических радикалов. В качестве носителя для таких катализаторов широко используется аморфный диоксид кремния благодаря большой удельной поверхности, химической инертности и хорошей термостабильности. Отдельный интерес вызывает использование биогенного аморфного диоксида кремния, полученного из сельскохозяйственных отходов, в частности из рисовой шелухи и соломы. Такие материалы имеют развитую пористую структуру и дают возможность создать более экологичные и экономичные катализаторы [1-3].

Цель работы – исследовать состав и строение кобальтсодержащих Фентон-подобных катализаторов на основе аморфного диоксида кремния различного происхождения.

В настоящей работе из смеси нитрата кобальта и кремнезема было получено четыре образца Фентон-подобных катализаторов с массовым соотношением $\text{Co} : \text{Si} = 0,2 : 1$ (Si-Co-M, Si-Co-РШ(т), Si-Co-РС(т), Si-Co-РШ(о)). В качестве матрицы был использован кремнезем минерального и биогенного происхождения. Образцы Si-Co-РШ(т) и Si-Co-РС(т) получены на основе аморфного диоксида кремния, выделенного из рисовой шелухи (РШ) и соломы (РС) окислительным обжигом с предварительной обработкой 0,1 М раствором соляной кислоты. Катализатор Si-Co-РШ(о) был синтезирован с применением кремнезема, осажденного из щелочного гидролизата РШ. Для Si-Co-M был использован коммерческий кремнезем минерального происхождения (марка «Ковелос Чистогон»).

При анализе ИК-спектров синтезированных катализаторов установлено, что полосы поглощения в областях $3436\text{--}3480\text{ см}^{-1}$ и $1632\text{--}1634\text{ см}^{-1}$ указывают на наличие адсорбированной и связанной воды [4]. В интервалах $1103\text{--}1107\text{ см}^{-1}$ и $802\text{--}808\text{ см}^{-1}$ фиксируются интенсивные колебания, соответствующие асимметричным и симметричным валентным колебаниям связей Si–O–Si соответственно. В области $469\text{--}473\text{ см}^{-1}$ наблюдаются низкочастотные колебания, которые могут быть отнесены к деформационным колебаниям Si–O в аморфной фазе диоксида кремния [4]. Наиболее характерными для оксида кобальта Co_3O_4 являются колебания при $567\text{--}573\text{ см}^{-1}$, которые соответствуют $\text{Co}^{2+}\text{--O-}$ связям в тетраэдрических позициях, а также при $662\text{--}664\text{ см}^{-1}$, отвечающие $\text{Co}^{3+}\text{--O-}$ связям в октаэдрической координации [5-7].

Согласно данным рентгенофазового анализа образцы находятся в аморфно-кристаллическом состоянии. О наличии аморфной фазы свидетельствует размытый пик на рентгенограммах в области $2\theta = \sim 25\text{--}30^\circ$. Во всех образцах присутствует кубический фотоактивный Co_3O_4 .

Для изучения морфологии поверхности Фентон-подобных катализаторов был проведен СЭМ-анализ. Как видно из рисунка 1, частицы катализатора представляют собой пористые тела различной формы, которые обладают развитой поверхностью. Поверхность катализаторов имеет неоднородную структуру с четко различимыми кристаллическими образованиями. Более светлые участки соответствуют зонам с повышенным содержанием кобальта, а

темные области представляют кремнеземную матрицу. В образцах Si-Co-M, Si-Co-РШ(т) и Si-Co-РШ(о) частицы оксида кобальта имеют неправильную окристаллизованную форму (рис. 1а,б,г). Поверхность катализатора Si-Co-РС(т) характеризуется более упорядоченной структурой со сферическими образованиями Co_3O_4 в матрице кремнезема (рис. 1в).

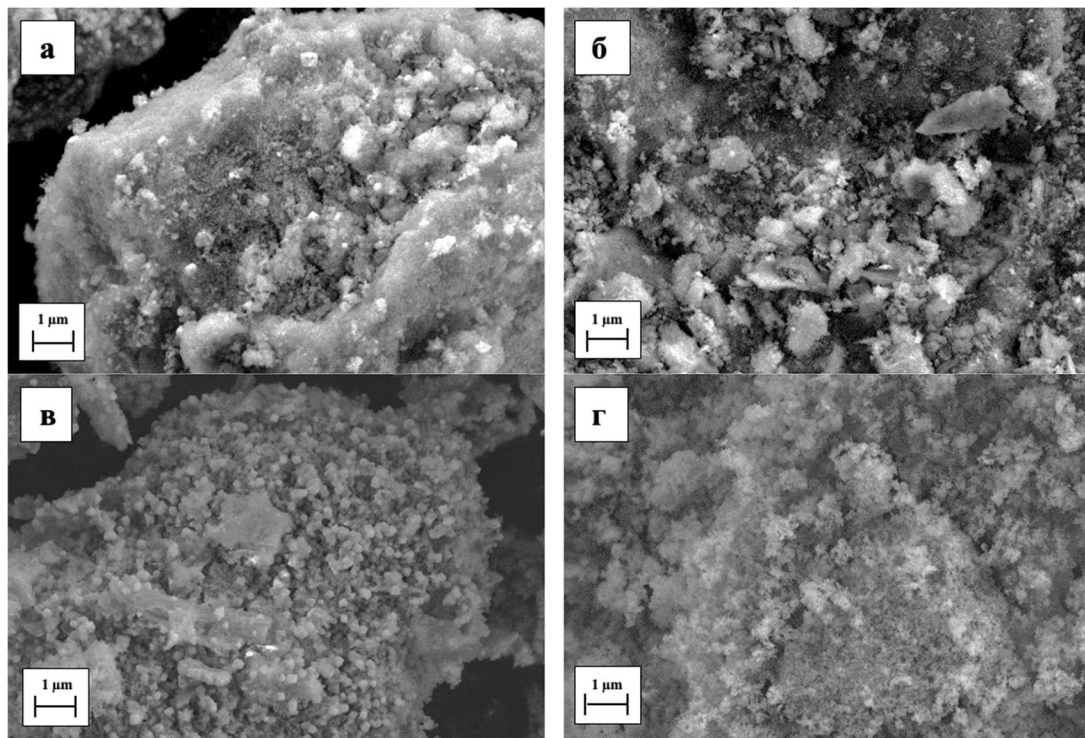


Рис. 1. СЭМ-изображения Фентон-подобных катализаторов:
а – Si-Co-M, б – Si-Co-РШ(т), в – Si-Co-РС(т), г – Si-Co-РШ(о)

По данным EDX-анализа определено, что Co_3O_4 присутствует на поверхности диоксида кремния, но распределен неравномерно. Образец Si-Co-M содержит минимальное количество Co (в среднем 0,11 ат. %), что может снижать его каталитическую активность. В катализаторах Si-Co-РШ(т), Si-Co-РС(т) и Si-Co-РШ(о) среднее содержание кобальта находится в пределах от 1,38 до 3,36 ат. %.

Таким образом, установлено, что природа кремнеземной матрицы существенно влияет на распределение кобальта, морфологию поверхности и структуру синтезированных Фентон-подобных катализаторов. Наиболее перспективными являются образцы, полученные на основе биогенного кремнезема из рисовой шелухи и соломы, который способствует более равномерному закреплению оксида кобальта и формированию развитой пористой структуры.

Список литературы

1. Wang Z. Review on cobalt ferrite as photo-Fenton catalysts for degradation of organic wastewater / Z. Wang, J. You, J. Li, J. Xu, X. Li, H. Zhang – DOI 10.1039/D2CY01300B // *Catalysis Science & Technology*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 274–296.

2. Peralta Y.M. Rice-husk-derived amorphous silica as a sustainable support for transition-metal catalysts in wastewater treatment / Y.M. Peralta, H. Zhang, A. Javed [et al.]. – DOI 10.1016/j.jenvman.2024.122721 // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 365. – P. 122721.
3. Luo M. The mechanism of bound hydroxyl radical formation and degradation pathway of Acid Orange II in Fenton-like Co^{2+} - HCO_3^- system / M. Luo, L. Lv, G. Deng [et al.]. – DOI 10.1016/j.apcata.2013.09.045 // *Applied Catalysis A: General*. – 2014. – Vol. 469. – P. 198-205.
4. Чукин Г.Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезёма / Г.Д. Чукин. – Москва: Типография Паладин, ООО «Принта», 2008. – 172 с.
5. Ali G. A. M. Structural, optical and electrical properties of sol-gel prepared mesoporous $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ nanocomposites / G. A. M. Ali, O. A. Fouad, S. A. Makhoul. – DOI 10.1016/j.jallcom.2013.07.095 // *Journal of alloys and compounds*. – 2013. – Vol. 579. – P. 606-611.
6. Farhadi S. Characterization of cobalt oxide nanoparticles prepared by the thermal decomposition / S. Farhadi, M. Javanmard, G. Nadri – DOI 10.17344/acsi.2016.2305 // *Acta Chimica Slovenica*. – 2016. – Vol. 63, № 2. – P. 335-343.
7. Zha Z. Facile synthesis of Co_3O_4 nanoparticle-functionalized mesoporous SiO_2 for catalytic degradation of methylene blue from aqueous solutions / Z. Zha, W. Zhu, F. Chen [et al.]. – DOI 10.3390/catal9100809 // *Catalysts*. – 2019. – Vol. 9, № 10. – P. 809.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ

Н.А. Васькова, В.В. Власов

Ярославский государственный технический университет,
г. Ярославль

Аннотация. В работе рассматривается актуальная проблема утилизации полимерных отходов и повышения эксплуатационных характеристик дорожных покрытий. Представлены результаты исследования по модификации битумных вяжущих вторичным полиэтилентерефталатом (ПЭТ). Установлены оптимальные параметры процесса и концентрации модификатора, обеспечивающие улучшение физико-механических свойств битума.

Ключевые слова: вторичный ПЭТ, модификация битума, полимерно-битумное вяжущее, утилизация отходов, дорожное строительство.

Проблема загрязнения окружающей среды приобрела глобальный характер. Ежегодно в мире образуются миллионы тонн полимерных отходов, значительную часть которых составляет полиэтилентерефталат (ПЭТ). Традиционные методы утилизации не справляются с объемами образующихся отходов – только в России перерабатывается не более 7 % пластика [1,2].

Одним из перспективных направлений утилизации является использование полимерных отходов в дорожном строительстве. Особый интерес представляет модификация битумных вяжущих, позволяющая одновременно решать экологические проблемы и улучшать эксплуатационные характеристики дорожных покрытий [3-5].

Исследование проводилось с использованием вторичного ПЭТ из отработанной тары, в том числе по методике получения порошковых материалов, описанной в [6]. Процесс модификации включал две основные стадии:

1. Термообработка ПЭТ – флексы проводилась на открытом воздухе при температуре 230 °С в течение 20 минут.

2. Модификация битума выполнялась путем введения полученного продукта в битум марки БНД 60/90 при температуре 140-160 °С со скоростью перемешивания 60 об/мин.

Оценка эффективности модификации проводилась по стандартным методикам определения пенетрации, растяжимости, температур размягчения и хрупкости.

В результате исследований установлено, что введение полимерной добавки (модификатора) существенно изменяет свойства битумного вяжущего.

Наибольший эффект от модификации наблюдается при содержании добавки в районе 5..6 % от массы битума. При использовании тонкодисперсного материала (закристаллизованного ПЭТ) эффект модификации наблюдается уже при вводе 3..4 % полимера.

Увеличение дозировки полимера в битумном вяжущем ведет к образованию агломератов и общему ухудшению реологических свойств смеси.

Преимущества предлагаемой технологии:

1. Экологические:

- Утилизация неперерабатываемых ПЭТ-отходов
- Снижение нагрузки на полигоны ТКО

2. Эксплуатационные:

- Повышение термостойкости покрытий
- Снижение трещинообразования при низких температурах
- Увеличение срока службы дорожных покрытий

3. Экономические:

- Снижение себестоимости модифицированного битума по сравнению с модифицированными СБС-аналогами
- Сокращение затрат на обслуживание дорог

Заключение

Разработана эффективная технология утилизации вторичного ПЭТ путем его использования для модификации дорожных битумов. Установлено, что оптимальное содержание полимерной добавки составляет 5-6 %, что обеспечивает определенное улучшение физико-механических характеристик битумного вяжущего.

Предлагаемое решение позволяет комплексно подойти к решению проблемы полимерных отходов и одновременно повысить качество дорожных покрытий. Дальнейшие исследования планируется направить на изучение долговечности модифицированных покрытий, в том числе и в натуральных условиях.

Список литературы

1. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов / Е.В. Потапова // Известия Байкальского государственного университета. – 2018. Т.28, №4. – С. 535-544.
2. Куликова К.А. Выбор полимерного материала для изготовления инновационной георешетки для армирования дорожных одежд / К.А. Куликова, В.В. Власов, И.А. Царев, Т.Г. Котова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2025. – № 2(416). – С. 365-370. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_2_365.
3. Галдина В.Д. Полимерно-битумные вяжущие с добавкой термопластичного полимера / В.Д. Галдина, В.С. Новиков // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы. – 2020. – С. 45-52.
4. Белов К.Н. Исследование температуры размягчения и индекса пенетрации модифицированного вторичным ПЭТФ нефтяного дорожного битума / К.Н. Белов, Д.В. Герасимов // 75 всероссийская НТК студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Том 75. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 494-499.
5. Щепетева Л.С. Об эффективности применения полимерно-битумных вяжущих в асфальтобетонных смесях / Л.С. Щепетева, С.С. Семенов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2014. – №4. – С. 138-152.
6. Власов В.В. Технология получения филамента для 3D печати из вторичного полиэтилентерефталата / В.В. Власов, А.Н. Исаев, Т.А. Шалыгина, С.Ю. Воронина // Пластические массы. – 2022. – № 7-8. – С. 48-50. – DOI 10.35164/0554-2901-2022-7-8-48-50.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Ю.Д. Исаева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье обосновывается актуальность создания информационно-измерительной системы для оперативного выявления источников загрязнения атмосферного воздуха. Проблема обусловлена ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду и необходимостью своевременного реагирования на экологические угрозы.

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Оно негативно влияет на здоровье человека, состояние окружающей среды и климатические процессы. В связи с этим, создание эффективных систем мониторинга и определения источников загрязнения становится приоритетной задачей для экологической безопасности и устойчивого развития.

Загрязнение воздуха включает в себя широкий спектр вредных веществ, таких как твердые частицы, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и другие токсичные соединения. В последние десятилетия уровень загрязнения воздуха значительно вырос из-за интенсивного промышленного развития, урбанизации, увеличения транспортных потоков. Источниками загрязнения могут быть промышленные предприятия, транспорт, сельское хозяйство и бытовая деятельность [1]. Вдыхание загрязненного воздуха вызывает различные заболевания дыхательной системы, сердечно-сосудистые заболевания, аллергии и даже онкологические болезни. Особенно опасно загрязнение для детей, пожилых людей и лиц с хроническими заболеваниями. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно миллионы смертей связаны с воздействием загрязненного воздуха.

Загрязнение воздуха влечет за собой значительные экономические издержки: расходы на здравоохранение, снижение производительности труда, повреждение инфраструктуры и природных ресурсов. В странах с высоким уровнем загрязнения эти затраты достигают нескольких миллиардов ежегодно. Для снижения уровня загрязнения воздуха необходимо внедрять современные экологические стандарты, развивать экологически чистые технологии, стимулировать использование возобновляемых источников энергии и улучшать качество общественного транспорта.

Для эффективного мониторинга и управления качеством воздуха необходимо использовать современные информационно-измерительные системы (ИИС), которые позволяют выявлять источники загрязнений, оценивать их вклад и разрабатывать меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Основной целью информационно-измерительной системы являются: определение и локализация источников загрязнения атмосферного воздуха, оценка уровня загрязнения в различных районах, анализ динамики изменений загрязнения, предоставление данных для принятия управленческих решений. [2] Задачи системы включают сбор, обработку и визуализацию данных, а также автоматическую идентификацию потенциальных источников загрязнений.

Информационно-измерительная система представляет собой сложный технический комплекс, состоящий из нескольких взаимосвязанных подсистем. Основой всей системы является измерительный блок, включающий в себя: газоаналитические приборы для определения состава и концентрации загрязняющих веществ, метеорологические датчики для измерения параметров окружающей среды, спектрометрическое оборудование для детального анализа состава воздуха, системы пробоотбора для анализа аэрозольных частиц. Для

обеспечения непрерывного мониторинга создана разветвленная сеть: автоматизированные посты стационарного и мобильного размещения, серверный центр для хранения и обработки полученных данных, коммуникационные каналы для обеспечения бесперебойной связи между элементами системы и т.д. Программно-аппаратная платформа обеспечивает: обработку поступающих измерительных данных в режиме реального времени, прогнозирование экологической ситуации на основе математических моделей.

Эффективность работы системы достигается за счет комплексного взаимодействия всех компонентов, их технической совместимости и программного обеспечения, обеспечивающего автоматизацию процессов сбора, обработки и анализа информации. Это позволяет создавать надежные системы контроля качества атмосферного воздуха, способные оперативно реагировать на изменения экологической обстановки и принимать необходимые меры по устранению загрязнений [3].

Таким образом, необходимость разработки информационно-измерительной системы обусловлена следующими факторами:

1. Повышение точности и оперативности мониторинга

Современные информационно-измерительные системы позволяют автоматизировать сбор, обработку и анализ данных о состоянии атмосферы в реальном времени. Это обеспечивает своевременное выявление источников загрязнения и принятие мер по их устранению.

2. Улучшение качества данных и аналитики

Интеграция различных датчиков и систем обработки данных позволяет получать более точные и комплексные сведения о характере и масштабах загрязнений, а также о динамике их изменения.

3. Эффективное управление и принятие решений

Информационно-измерительные системы дают возможность руководителям и экологам принимать обоснованные решения на основе актуальных данных, что способствует более эффективному управлению экологической ситуацией.

4. Соответствие нормативным требованиям

Разработка таких систем помогает обеспечить выполнение требований законодательства в области охраны окружающей среды, а также международных стандартов.

5. Научные исследования и прогнозирование

Данные системы служат основой для проведения научных исследований, моделирования и прогнозирования изменений в состоянии атмосферы, что важно для долгосрочного планирования и профилактики загрязнений.

Список литературы

1. Израэль Ю.А. *Экология и контроль состояния природной среды* / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 2017. – 560 с.
2. Пешков Ю.В. *Система государственного мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха: Экологический мониторинг. Методы и средства* / Ю.В. Пешков. – Санкт-Петербург, 2015.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА НА РОСТ ОНКОПАТОЛОГИЙ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛИТЕТОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

***Аннотация.** В работе выполнена оценка загрязнения атмосферного воздуха Тульской области оксидами азота с последующей его пространственной визуализацией. Проведен анализ динамики заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, распространенности ЗНО. Представлена карта-схема заболеваемости ЗНО. Выполнены исследования силы и характера связи между показателями заболеваемости населения муниципалитетов Тульской области и степенью загрязнения в них атмосферного воздуха оксидами азота.*

Предварительно в работе была систематизирована информация по загрязнению атмосферного воздуха Тульской области оксидами азота (таблица 1) [1,2].

Таблица 1

Выбросы диоксида азота в атмосферу по муниципальным образованиям Тульской области

№	Муниципальные образования Тульской области	Выбросы Оксид азота (в пересчете на NO ₂) (тонн/год)	Расчет концентраций (мг/м ³) Оксид азота (в пересчете на NO ₂)
1	Арсеньевский муниципальный район	1,256	0,0002
2	Белевский муниципальный район	17,362	0,0047
3	Богородицкий муниципальный район	174,224	0,0262
4	Веневский муниципальный район	20,828	0,0080
5	Воловский муниципальный район	30,103	0,0051
6	Дубенский муниципальный район	14,071	0,0012
7	Заокский муниципальный район	21,406	0,0044
8	Каменский муниципальный район	7,142	0,0006
9	Кимовский муниципальный район	42,458	0,0112
10	Киреевский муниципальный район	59,224	0,0185
11	Одоевский муниципальный район	3,556	0,0008
12	Плавский муниципальный район	119,856	0,0317
13	Суворовский муниципальный район	16,757	0,0029
14	Тепло-Огаревский муниципальный район	0,024	0,0001
15	Узловской муниципальный район	259,642	0,0639
16	Чернский муниципальный район	0,336	0,0001

Продолжение таблицы			
17	Щекинский муниципальный район	2040,167	0,3985
18	Ясногорский муниципальный район	7,314	0,0026
19	Городской округ город Тула	4072,036	0,8187
20	Городской округ город Алексин	1279,845	0,3161
21	Городской округ город Донской	24,080	0,0016
22	Городской округ город Ефремов	295,607	0,0500
23	Городской округ город Новомосковск	2898,297	0,6614
24	Городской округ рабочий поселок Новогуровский	5021,553	0,0763

С помощью программного пакета Surfer с применением метода интерполяции Криге (Kriging) построена карта-схема распределения выбросов оксидов азота в атмосферу по территории Тульской области (рисунок 1) [3,4].

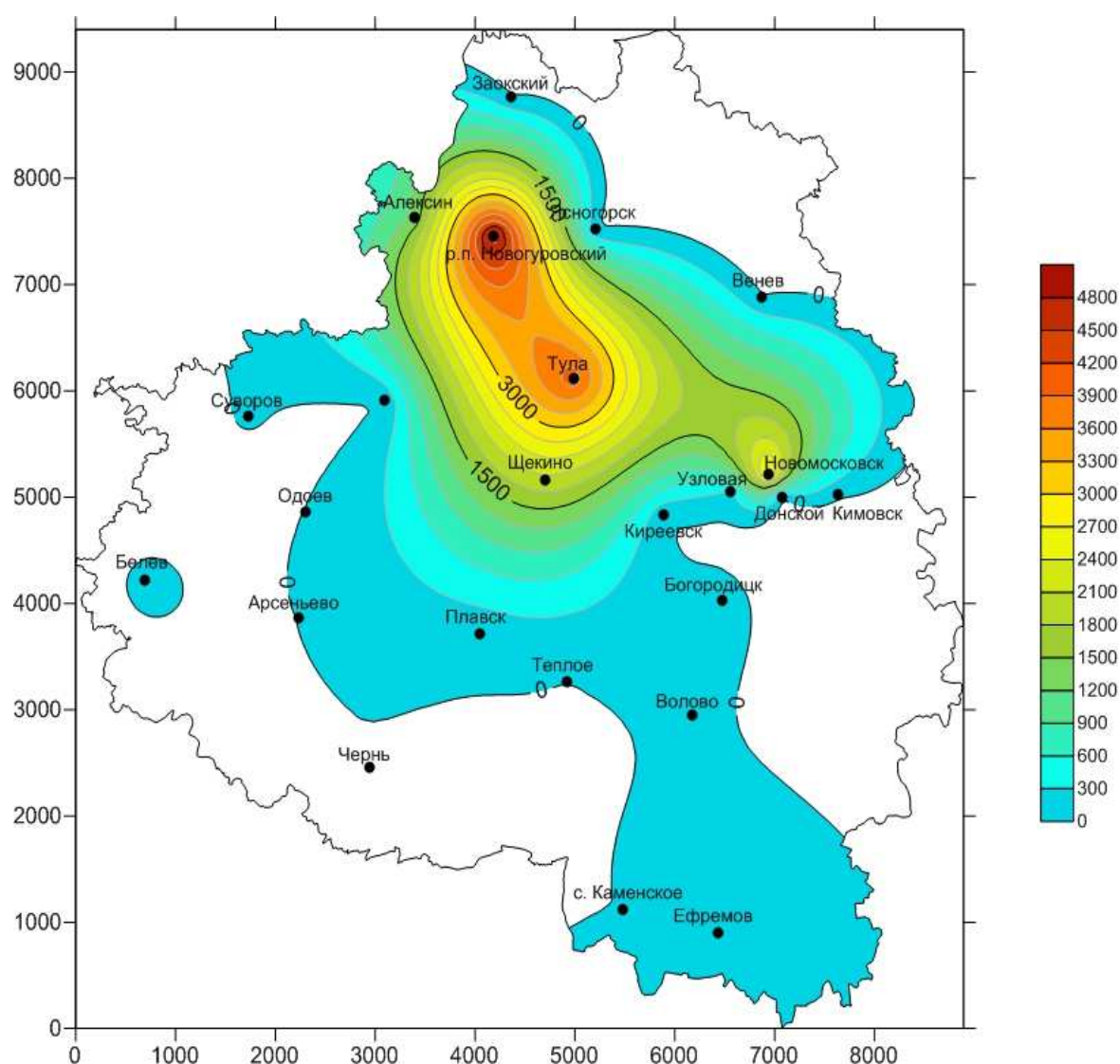


Рис. 1. Выбросы оксида азота (в пересчете на NO₂)

Систематизирована многолетняя информация по заболеваемости злокачественными новообразованиями и распространенности ЗНО в разрезе муниципалитетов Тульской области (таблицы 2,3) [5].

Таблица 2

Динамика заболеваемости ЗНО за период с 2013-2023 годы (на 100 тыс. населения) в разрезе муниципальных образований Тульской области

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Арсеньевский район	513,9	357,1	412,6	573,8	474,9	343,4	501,6	306,2	451,0	386,6	499,2
Белевский район	443,2	358,1	476,6	448,3	454,9	614,1	534,9	441,0	579,9	535,7	449,0
Богородицкий район	386,1	384,0	378,4	399,5	460,7	434,7	416,5	3542,	392,5	467,8	457,9
Веневский район	395,4	396,4	455,7	473,5	432,4	399,4	456,9	392,2	382,7	412,2	340,5
Воловский район	364,5	408,9	382,5	417,4	349,9	336,1	441,9	34487	341,8	432,9	325,5
Дубенский район	365,0	394,7	381,9	469,9	467,2	476,9	492,1	487,4	444,3	457,8	269,2
Заокский район	312,9	400,1	428,7	319,7	366,2	315,7	395,9	336,1	464,0	389,7	217,2
Каменский район	354,0	522,9	307,7	423,7	384,9	435,4	433,5	274,9	397,0	396,3	412,2
Кимовский район	492,7	436,5	479,1	440,4	467,7	396,6	383,1	402,7	540,3	486,4	380,7
Киреевский район	456,1	475,3	453,7	450,7	462,2	395,1	505,9	402,6	317,1	436,3	411,0
Одоевский район	366,5	292,1	338,9	332,8	391,3	381,7	382,1	325,2	451,0	411,3	390,5
Плавский район	342,7	462,5	390,9	366,7	450,4	411,7	495,5	347,2	114,1	448,6	362,5
Суворовский район	354,3	385,3	440,0	349,8	458,7	412,7	369,8	373,5	398,7	404,8	402,4
Тепло-Огаревский район	400,1	473,5	409,9	503,7	435,6	580,9	500,4	377,7	563,6	580,7	529
Узловский район	345,9	343,9	378,0	359,8	409,8	479,4	363,5	433,6	415,5	433,8	382,6
Чернский район	334,4	359,6	267,4	362,9	381,7	364,9	384,2	338,8	363,9	390,6	424,5
Щекинский район	477,0	489,5	470,1	503,1	501,9	505,9	499,9	397,5	447,0	468,7	351,3
Ясногорский район	380,4	348,8	423,7	428,3	402,3	488,3	462,4	375,4	444,4	448,0	442,8
г. Тула	517,8	484,1	524,4	492,3	526,7	566,7	565,7	463,2	340,4	523,8	490,7
г. Алексин	510,0	541,9	581,5	578,6	658,2	618,7	575,1	457,7	475,2	476,5	471
г. Донской	342,1	343,9	383,5	353,6	397,9	380,3	328,5	404,0	445,2	385,5	318,9
г. Ефремов	420,8	504,4	420,2	433,9	458,4	430,6	451,8	415,0	508,3	553,8	406,4
г. Новомосковск	430,7	491,4	440,3	439,9	416,6	478,7	487,7	439,5	290,7	474,0	448,4
р.п. Новогуровский	-	518,4	-	345,4	551,2	895,9	588,1	587,7	482,7	330,7	414,7
Куркинский район	468,5	382,9	508,2	345,4	598,7	471,8	540,4	441,7	292,9	452,1	383,5

Таблица 3

Динамика распространенности ЗНО за период с 2014-2023 годы
(на 100 тыс. населения) в разрезе муниципальных образований Тульской области

	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Арсеньевский район	2122,6	2294,5	2448,8	2550,3	2309,9	2497,4	2565,7	2480,7	2512,9	2832,6
Белевский район	2015,9	2186,3	2315,5	2399,4	2654,4	2757,6	2837,3	2833,2	3070,6	3127,2
Богородицкий район	2170,2	2229,6	2257,6	2328,7	2404,6	2431,3	2522,9	2495,5	2668,4	2804,1
Веневский район	2115,4	2240,3	2316,5	2409,9	2437,8	2566,1	2626,6	2466,5	2541,7	2395,4
Воловский район	1774,4	1767,9	1815,9	1846,3	1874,7	2022,3	2076,0	2050,7	2164,7	2141,2
Дубенский район	1585,5	1575,3	1665,3	1771,0	1900,4	2025,4	2055,5	2063,7	2296,2	2119,9
Заокский район	1636,4	1756,0	1862,7	1953,1	2047,2	2151,1	2266,5	2323,3	2530,5	1936,1
Каменский район	2069,7	2176,1	2274,8	2287,1	2452,2	2472,2	2414,8	2509,9	2630,0	2703,4
Кимовский район	2328,8	2494,5	2634,9	2566,0	2590,9	2689,4	2540,5	2529,8	2731,0	2566,6
Киреевский район	2265,3	2365,8	2495,0	2538,1	2577,0	2555,9	2604,5	2550,5	2720,3	2805,0
Одоевский район	1883,5	1917,7	1927,4	1980,0	1932,6	2072,8	2067,9	2048	2193,7	2300,5
Плавский район	1759,6	1907,6	2011,6	2135,9	2181,3	2307,7	2254,9	2109,7	2302,5	2209,0
Суворовский район	2180,8	2327,2	2295,3	2322,0	2412,8	2315,5	2347,9	2297,9	2404,4	2417,0
Тепло-Огаревский район	2166,8	2194,5	2323,5	2449,4	2622,6	2769,2	2727,7	2758,3	3023,1	3218,6
Узловский район	1535,6	1640,5	1730,1	1874,1	1931,2	2057,6	2183,3	2141,3	2319,0	2448,1
Чернский район	1541,6	1624,2	1705,2	1767,9	1900,5	2090,1	2152,6	2134,9	2338,3	2514,3
Щекинский район	2148,4	2243,9	2293,3	2385,7	2489,3	2622,0	2684,9	2663,6	2838,8	2876,8
Ясногорский район	2276,8	2392,0	2532,6	2488,4	2648,1	2620,3	2641,9	2684,4	2800,9	2666,4
г. Тула	2747,4	2835,8	2930,2	3018,8	3066,0	3262,0	3287,6	3250,3	3443,6	3512,9
г. Алексин	2693,6	3039,7	3101,1	3246,9	3326,5	3389,9	3422,6	3277,6	3364,9	3255,4
г. Донской	1688,7	1711,1	1788,1	1828,0	1914,2	1958,3	1997,7	2008,5	2123,8	2147,9
г. Ефремов	2249,4	2377,7	2519,0	2637,9	2775,9	2793,8	2868,7	2922,6	3135,9	3034,9
г. Новомосковск	2442,0	2518,8	2638,6	2706,6	2859,4	2976,3	3063,0	2886,4	3021,2	3184,3
р.п. Новогуровский	2649,8	-	2446,7	2640,0	3179,2	3557,8	3438,1	3367,4	3427,5	3151,8
Куркинский район	2199,3	2351,5	2438,3	2580,5	2767,6	2967,0	2897,8	2877,9	2900,0	2581,9

С помощью программного пакета Surfer с применением метода интерполяции Криге (Kriging) построена тематическая карта заболеваемости злокачественными новообразованиями (рисунок 1) [4,5].

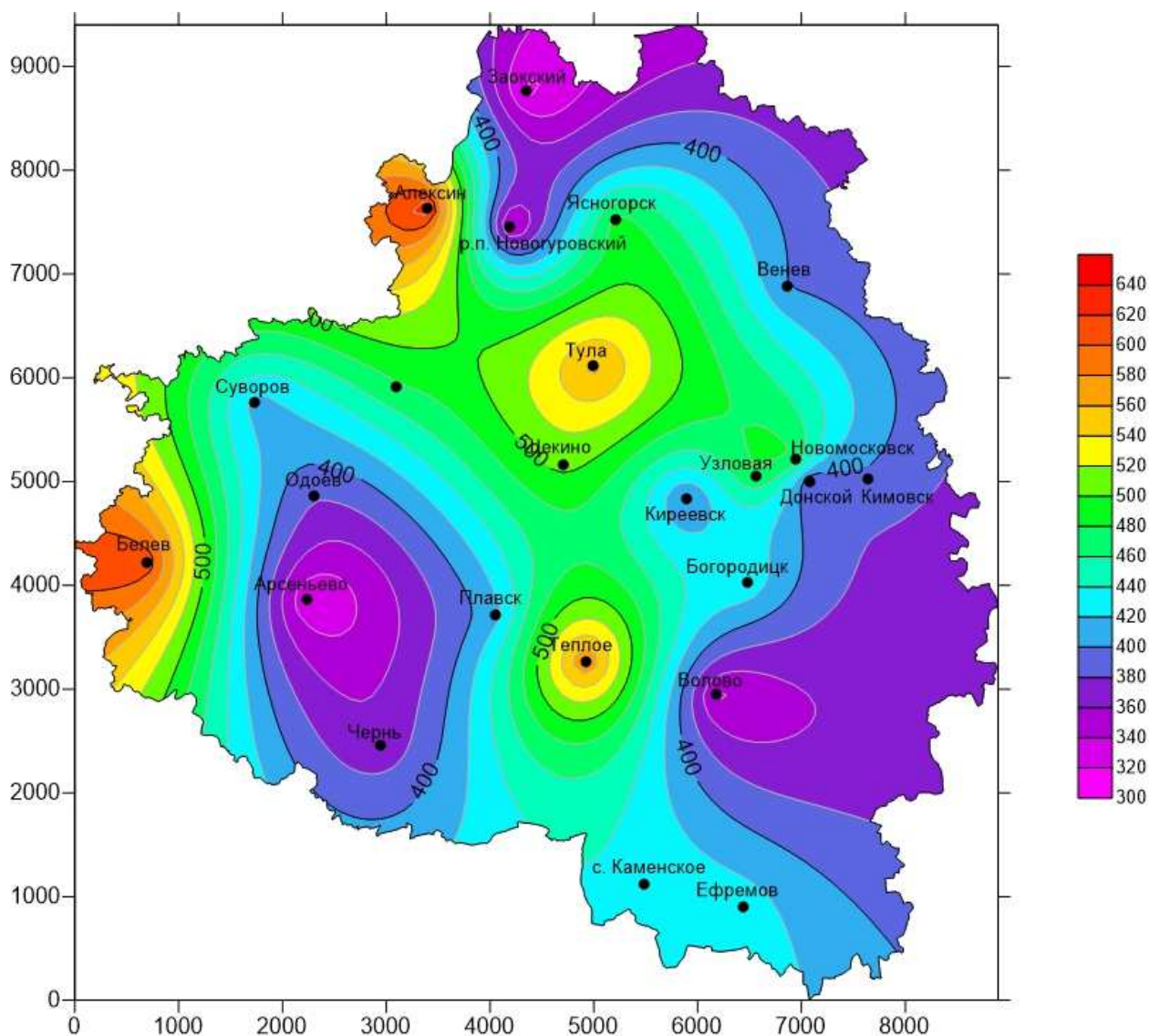


Рис. 1. Заболеваемость онкопатологией в Тульской области на 100 тыс. человек

На шкале фиолетово-синим цветом обозначен низкий уровень заболеваемости (от 300 человек на 100 тыс. населения), оранжево-красным цветом максимально высокий уровень онкопатологий (до 600 человек на 100 тыс.).

Ранжирование административных территорий Тульской области по показателю заболеваемости населения злокачественными новообразованиями с впервые в жизни установленным диагнозом показало, что печальным лидерами являются г. Тула (490,7), г. Алексин (471), г. Новомосковск (448,4), Щёкинский, Тепло-Огаревский районы. Рисунок 2 оранжевым окрасом этих территорий также наглядно демонстрирует принадлежность указанных муниципалитетов к территориям риска образования онкопатологий.

Наибольшие показатели распространенности ЗНО за 2023 год фиксируются в следующих муниципальных образованиях: г. Туле (3512,9), г. Алексине (3255,4), Тепло-Огаревский районе – 3218,6. Наименьшие показатели – в Воловском (2141,2), Дубенском (2119,9), Заокском районах (1936,1).

Следует отметить, что распределение цветовой палитры на тематических картах на рисунках 1 и 2 как бы синхронизировано. Районы с высоким уровнем загрязнения атмосферным NO₂, отличает и высокий уровень онкозаболеваемости. Несомненно, это не единственная причина возникновения ЗНО. К общепризнанным факторам риска развития рака, способным привести к онкологии, относят и наследственную предрасположенность, и увеличение продолжительности жизни, и контакт с канцерогенами, радиацией; и некачественное питание; алкоголизм; курение; вирусы, слабый иммунитет и т.д.

Также очевидно, что существует взаимосвязь между динамикой онкологических заболеваний и загрязнением окружающей среды.

В нашем исследовании обращает внимание, что оранжевые онконеблагоприятные районы рисунка 2 в ходе нашей оценки состояния атмосферы являются также и наиболее загрязнёнными по диоксиду азота, что может рассматриваться дополнительным фактором риска возникновения онкологической заболеваемости. Побудить исследовать характер связи между показателями.

Оценка влияния атмосферного оксида азота на рост онкопатологий.

В ходе математической обработки материала ставилась задача исследовать силу и характер связи между показателями заболеваемости населения муниципалитетов Тульской области и степенью загрязнения в них атмосферного воздуха оксидами азота. Материалы о здоровье населения представляли собой 13 показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) за период с 2013 по 2023 гг. и 12 показателей распространенности ЗНО за период с 2014 по 2023 гг.

Что касается показателей экологического состояния объектов окружающей среды, то анализу были подвергнуты валовые выбросы в атмосферу и рассчитанная в работе концентрация NO₂. Была исследована корреляционная связь между всеми указанными параметрами здоровья населения и показателями загрязнения атмосферного воздуха оксидами азота. Результаты анализа приведены в таблица 4 и 5.

Таблица 4
Матрица парных корреляций

Среднее		Пер1	Пер2	Пер3	Пер4	Пер5	Пер6	Пер7	Пер8	Пер9	Пер10	Пер11	Пер12	Пер13
495,8953	Пер1	1,000000	0,996576	0,531018	0,476648	0,495764	0,342908	0,426622	0,452129	0,491661	0,466750	-0,231923	0,337739	0,286551
0,1056	Пер2	0,996576	1,000000	0,530679	0,489372	0,507768	0,350726	0,437895	0,461374	0,499207	0,479048	-0,242070	0,329765	0,295892

Продолжение таблицы														
404,6 304	Пер 3	0,531 018	0,530 679	1,000 000	0,430 047	0,727 766	0,818 895	0,739 916	0,445 339	0,664 553	0,374 790	0,230 235	0,447 081	0,541 092
419,7 770	Пер 4	0,476 648	0,489 372	0,430 047	1,000 000	0,434 397	0,486 450	0,496 695	0,379 094	0,563 864	0,208 131	- 0,156 511	0,448 216	0,212 980
418,5 183	Пер 5	0,495 764	0,507 768	0,727 766	0,434 397	1,000 000	0,575 045	0,759 440	0,539 569	0,601 579	0,605 766	0,195 465	0,451 918	0,196 696
431,4 130	Пер 6	0,342 908	0,350 726	0,818 895	0,486 450	0,575 045	1,000 000	0,695 587	0,513 563	0,785 268	0,314 480	0,246 416	0,410 719	0,502 570
443,9 422	Пер 7	0,426 622	0,437 895	0,739 916	0,496 695	0,759 440	0,695 587	1,000 000	0,614 379	0,644 768	0,528 931	0,124 813	0,399 338	0,395 190
445,5 635	Пер 8	0,452 129	0,461 374	0,445 339	0,379 094	0,539 569	0,513 563	0,614 379	1,000 000	0,643 985	0,620 820	0,303 002	0,719 265	0,524 478
453,4 317	Пер 9	0,491 661	0,499 207	0,664 553	0,563 864	0,601 579	0,785 268	0,644 768	0,643 985	1,000 000	0,389 606	- 0,064 368	0,539 682	0,438 356
386,4 604	Пер 10	0,466 750	0,479 048	0,374 790	0,208 131	0,605 766	0,314 480	0,528 931	0,620 820	0,389 606	1,000 000	0,160 960	0,529 245	0,014 209
416,0 261	Пер 11	- 0,231 923	- 0,242 070	0,230 235	- 0,156 511	0,195 465	0,246 416	0,124 813	0,303 002	- 0,064 368	0,160 960	1,000 000	0,342 868	0,119 440
452,2 522	Пер 12	0,337 739	0,329 765	0,447 081	0,448 216	0,451 918	0,410 719	0,399 338	0,719 265	0,539 682	0,529 245	0,342 868	1,000 000	0,458 988
399,2 783	Пер 13	0,286 551	0,295 892	0,541 092	0,212 980	0,196 696	0,502 570	0,395 190	0,524 478	0,438 356	0,014 209	0,119 440	0,458 988	1,000 000

Пер 1 – переменная 1 – Выбросы диоксида азота (табл. 4)

Пер 2 – переменная 2 – Расчетная концентрация диоксида азота (табл. 4)

Пер 3 – переменная 3 – Заболеваемость ЗНО, 2013 г. (табл.5)

Пер 4 – переменная 4 – Заболеваемость ЗНО, 2014 г. (табл.5)

Пер 5 – переменная 5 – Заболеваемость ЗНО, 2015 г. (табл.5)

Пер 6 – переменная 6 – Заболеваемость ЗНО, 2016 г. (табл.5)

Пер 7 – переменная 7 – Заболеваемость ЗНО, 2017 г. (табл.5)

Пер 8 – переменная 8 – Заболеваемость ЗНО, 2018 г. (табл.5)

Пер 9 – переменная 9 – Заболеваемость ЗНО, 2019 г. (табл.5)

Пер 10 – переменная 10 – Заболеваемость ЗНО, 2020 г. (табл.5)

Пер 11 – переменная 11 – Заболеваемость ЗНО, 2021 г. (табл.5)

Пер 12 – переменная 12 – Заболеваемость ЗНО, 2022 г. (табл.5)

Пер 13 – переменная 13 – Заболеваемость ЗНО, 2023 г. (табл.5)

Таблица 5
Матрица парных корреляций

Среднее значение		Пер 1	Пер 2	Пер 3	Пер 4	Пер 5	Пер 6	Пер 7	Пер 8	Пер 9	Пер 10	Пер 11	Пер 12
495,895	Пер 1	1,000 000	0,996 576	0,594 028	0,545 274	0,531 832	0,558 103	0,560 051	0,628 957	0,654 872	0,620 336	0,611 579	0,609 161
0,106	Пер 2	0,996 576	1,000 000	0,603 485	0,560 082	0,547 294	0,574 698	0,577 683	0,645 228	0,671 846	0,629 563	0,617 030	0,613 894
2060,800	Пер 3	0,594 028	0,603 485	1,000 000	0,985 203	0,976 865	0,961 468	0,937 343	0,917 729	0,891 617	0,878 566	0,830 452	0,799 427

Продолжение таблицы													
2165,957	Пер 4	0,545 274	0,560 082	0,985 203	1,000 000	0,993 047	0,983 391	0,954 785	0,932 926	0,908 639	0,888 420	0,834 921	0,783 245
2255,783	Пер 5	0,531 832	0,547 294	0,976 865	0,993 047	1,000 000	0,990 371	0,963 365	0,947 231	0,921 351	0,906 131	0,857 409	0,800 089
2325,717	Пер 6	0,558 103	0,574 698	0,961 468	0,983 391	0,990 371	1,000 000	0,971 429	0,966 029	0,950 824	0,928 315	0,882 977	0,828 563
2404,761	Пер 7	0,560 051	0,577 683	0,937 343	0,954 785	0,963 365	0,971 429	1,000 000	0,982 013	0,968 481	0,964 039	0,938 978	0,855 792
2495,835	Пер 8	0,628 957	0,645 228	0,917 729	0,932 926	0,947 231	0,966 029	0,982 013	1,000 000	0,987 269	0,974 324	0,954 166	0,885 222
2530,913	Пер 9	0,654 872	0,671 846	0,891 617	0,908 639	0,921 351	0,950 824	0,968 481	0,987 269	1,000 000	0,983 294	0,960 098	0,892 638
2499,448	Пер 10	0,620 336	0,629 563	0,878 566	0,888 420	0,906 131	0,928 315	0,964 039	0,974 324	0,983 294	1,000 000	0,988 312	0,903 574
2659,843	Пер 11	0,611 579	0,617 030	0,830 452	0,834 921	0,857 409	0,882 977	0,938 978	0,954 166	0,960 098	0,988 312	1,000 000	0,902 386
2661,635	Пер 12	0,609 161	0,613 894	0,799 427	0,783 245	0,800 089	0,828 563	0,855 792	0,885 222	0,892 638	0,903 574	0,902 386	1,000 000

Пер 1 – переменная 1 – Выбросы диоксида азота (табл. 4)
Пер 2 – переменная 2 – Расчетная концентрация диоксида азота (табл. 4)
Пер 3 – переменная 3 – Распространенность ЗНО, 2014 г. (табл.6)
Пер 4 – переменная 4 – Распространенность ЗНО, 2015 г. (табл.6)
Пер 5 – переменная 5 – Распространенность ЗНО, 2016 г. (табл.6)
Пер 6 – переменная 6 – Распространенность ЗНО, 2017 г. (табл.6)
Пер 7 – переменная 7 – Распространенность ЗНО, 2018 г. (табл.6)
Пер 8 – переменная 8 – Распространенность ЗНО, 2019 г. (табл.6)
Пер 9 – переменная 9 – Распространенность ЗНО, 2020 г. (табл.6)
Пер 10 – переменная 10 – Распространенность ЗНО, 2021 г. (табл.6)
Пер 11 – переменная 11 – Распространенность ЗНО, 2022 г. (табл.6)
Пер 12 – переменная 12 – Распространенность ЗНО, 2023 г. (табл.6)

Как видно из данных таблиц 7 и 8, превалирует количество прямых средних и сильных корреляционных связей ($r > +0,6$) показателей загрязнения атмосферы NO_2 с показателями здоровья населения. При этом распространенность онкопатологий оказалась наиболее сильно статистически связана с атмосферным загрязнением оксидами азота.

Список литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2022 год // Департамент Тульской области, 2023. – 91с.
2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2023 год // Департамент Тульской области, 2024. – 77с.
3. Савинова Л.Н. Вопросы марганцевой токсичности. Распределение соединений марганца в урбаногемах г. Тулы / Л.Н. Савинова, В.А. Векшина, С.П. Туляков // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – С. 12-16.

4. Справочная система по использованию SURFER / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.studfiles.ru/preview/3109877/>

5. Постановление Правительства Тульской области «Борьба с онкологическими заболеваниями» от 30.05.2024 N 256, 2024. – 120 с.

КАРТИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛИТЕТОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

***Аннотация.** В работе собрана и систематизирована информация о загрязнении атмосферного воздуха Тульской области оксидами азота. На основании электронной базы данных проведен расчет загрязнения атмосферного воздуха территории с последующей его пространственной визуализацией. Разработана карта-схема загрязнения атмосферного воздуха территории области оксидами азота.*

Экологическое состояние воздушного бассейна территорий, определяющее во многом здоровье населения, остается одной из важных проблем на современном этапе развития человечества. Основной риск для здоровья создают твердые частицы диаметром 10 мкм и менее (PM_{10}), озон, диоксид азота (NO_2) и диоксид серы. Диоксид азота является инициатором фотохимических реакций в атмосфере, запускает процессы образования кислотных дождей, фотохимического смога, выступает источником нитратных аэрозолей ($PM_{2,5}$). Образующиеся в ходе фотодиссоциации под действием ультрафиолетового излучения активные частицы приводят к формированию крайне токсичных для всего живого фотохимических окислителей. К числу последних принадлежат, в первую очередь, озон и ПАН-соединения (ПАН – пероксиацетилнитрат, PPN – пероксипропионилнитрат, PBN – пероксибензоилнитрат, пероксиметилнитрат), пероксиды и гидропероксиды алкилов.

Статистически доказано, что в местах характеризующихся высоким содержанием в атмосферном воздухе диоксида азота наблюдается повышенное распространение болезней органов дыхания, в том числе облитерирующего бронхиолита, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), сердечно-сосудистых болезней, заболеваний злокачественными новообразованиями. Так, в ходе исследований, проведенных в г. Саранске с 2000 по 2010 г. у женщин прослеживалась прямая корреляционная связь новообразований молочной железы с загрязнением воздуха оксидом азота (+0,80) [1-3].

Загрязнение атмосферного воздуха соединениями азота актуально для Тульской области. По данным выборочного федерального статистического наблюдения в 2023 году выбросы в атмосферу вредных веществ от стационарных источников организациями Тульской области составили 108,18 тыс. тонн [4]. В

общем количестве выброшенных в 2023 году в атмосферу загрязняющих веществ оксиды азота составили 19,5% (таблица 1).

Таблица 1

Динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тысяч тонн)

	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021г.	2022 г.	2023 г.
Всего	167	149	119,2	115,7	109,9	108,2
Оксиды азота	25	23	18,6	20,0	19,8	19,5

Для уменьшения рисков развития неблагоприятных экологических ситуаций необходима достоверная оценка текущего негативного воздействия на окружающую среду с дальнейшей визуализацией полученных результатов исследования в простой и наглядной форме. Эколого-медико-географический анализ территории региона служит одним из важнейших факторов принятия управленческих решений на муниципальном, региональном уровне.

В связи тем, что наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в Тульской области проводятся всего на 10 стационарных ПНЗ, расположенных в г. Туле, г. Новомосковске и территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» провести комплексную оценку Тульской области не представляется возможным, так как они дают только очень ограниченную информацию (таблица 2).

Таблица 2

Содержание диоксида азота, контролируемого на постах наблюдения

№ поста наблюдения	Среднегодовая концентрация диоксида азота, контролируемого на посту наблюдения (мг/м ³)		Максимальноразовая концентрация диоксида азота, контролируемого на посту наблюдения (мг/м ³)	
	2022	2023	2022	2023
ПНЗ №1 г. Тула, ул. Приупская Г	0,012	0,036	0,050	0,206
ПНЗ №5 г. Тула, ул. Мира, 11	0,013	0,015	0,044	0,053
ПНЗ №9 г. Тула, ул. Горького, 23а	0,019	0,025	0,158	0,098
ПНЗ №10 г. Тула, ул. Кауля,3	0,020	0,026	0,290	0,122
ПНЗ №11 г. Тула, ул. 2-ой проезд Гастелло, 19	0,017	0,023	0,129	0,127
ПНЗ №1 м/у «Ясная Поляна», Тульская обл., Щекинский р-он	0,013	0,016	0,068	0,146
ПНЗ №2 м/у «Ясная Поляна», Тульская обл., Щекинский р-он	0,013	0,017	0,066	0,303
ПНЗ №1 г. Новомосковск, ул. Мира, 54	0,022	0,025	0,112	0,116
ПНЗ №2 г. Новомосковск, ул. Калинина, 14	0,029	0,027	0,435	0,164
ПНЗ №4 г. Новомосковск, ул. Школьная, школа №8	0,014	0,020	0,129	0,125

Именно поэтому в работе отдано предпочтение годовым выбросам согласно представляемой форме Федерального государственного статистического наблюдения № 2-ТП (воздух), утвержденной Приказом Росстата от 08.11.2018 г. № 661.

Анализируя особенности совместного изменения концентраций и выбросов, авторы работы [5] приходят к выводу, что направленность изменения среднегодовых концентраций, в целом, определяется общей направленностью тенденции годового объема выбросов, которая зависит от уровня промышленного производства. И для расчета концентраций предлагают формулу (1):

$$q = \frac{Mr}{2Lv} \quad (1)$$

где q – среднегодовая, усредненная по городу, муниципальному образованию, концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

M – годовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу (в г/с);

r – средняя протяженность города, муниципального образования;

L – высота слоя перемешивания на территории;

v – средняя скорость ветра над территорией муниципального образования.

Общая характеристика структуры выбросов диоксида азота в атмосферу городов (муниципалитетов) Тульской области приведена в таблице 4.

Для расчета концентраций по формуле (1) необходимо перевести валовые выбросы т/год в г/с.

Массовый расход – это масса вещества, которая проходит через заданное сечение за единицу времени.

1 г/с = 31.536 т/год (1 грамм в секунду = 31.536 тонн в год)

Данные по средней скорости ветра по городам и районам Тульской области были взяты с сайта «Погода в мире» [6], в котором информация о погоде в населенных пунктах представлена архивом с усредненными значениями скорости ветра в течение года в населенных пунктах. Высота перемешивания, в которой рассеиваются выбросы для всех районов и городских округов принята 1200 м. Исходные данные для расчета концентраций по формуле (1) представлены в таблице 3. Расчеты концентраций диоксида азота на основании данных таблицы 3 для удобства сравнения с выбросами сведены в таблицу 4.

Таблица 3

Исходные данные для расчета концентраций по формуле (1)

№	Муниципальные образования Тульской области	Протяжен- ность города	Средняя скорость ветра в год	Высота слоя переме- шивания	Оксид азота (в пересчете на NO ₂)
	Единицы измерения	км	м/с	м	г/с
1	Арсеньевский муниципальный район	25	2,1	1200	0,0398
2	Белевский муниципальный район	43	2,1	1200	0,5506
3	Богородицкий муниципальный район	25	2,2	1200	5,5246

Продолжение таблицы					
4	Веневский муниципальный район	64	2,2	1200	0,6605
5	Воловский муниципальный район	32	2,5	1200	0,9546
6	Дубенский муниципальный район	23	3,6	1200	0,4462
7	Заокский муниципальный район	40	2,6	1200	0,6788
8	Каменский муниципальный район	25	4,1	1200	0,2265
9	Кимовский муниципальный район	47	2,2	1200	1,3463
10	Киреевский муниципальный район	52	2,2	1200	1,8780
11	Одоевский муниципальный район	35	2,1	1200	0,1128
12	Плавский муниципальный район	46	2,3	1200	3,8006
13	Суворовский муниципальный район	30	2,3	1200	0,5314
14	Тепло-Огаревский муниципальный район	47	2,2	1200	0,0008
15	Узловской муниципальный район	41	2,2	1200	8,2332
16	Чернский муниципальный район	53	2,1	1200	0,0107
17	Щекинский муниципальный район	34	2,3	1200	64,6933
18	Ясногорский муниципальный район	62	2,3	1200	0,2319
19	Городской округ город Тула	35	2,3	1200	129,1234
20	Городской округ город Алексин	43	2,3	1200	40,5836
21	Городской округ город Донской	11	2,2	1200	0,7636
22	Городской округ город Ефремов	32	2,5	1200	9,3764
23	Городской округ город Новомосковск	38	2,2	1200	91,9044
24	Городской округ рабочий поселок Новогуровский	5	4,0	1200	159,2324

Таблица 4

Выбросы диоксида азота в атмосферу по муниципальным образованиям Тульской области (тонн/год)

№	Муниципальные образования Тульской области	Выбросы Оксид азота (в пересчете на NO ₂) (тонн/год)	Расчет концентраций (мг/м ³) Оксид азота (в пересчете на NO ₂)
1	Арсеньевский муниципальный район	1,256	0,0002
2	Белевский муниципальный район	17,362	0,0047
3	Богородицкий муниципальный район	174,224	0,0262
4	Веневский муниципальный район	20,828	0,0080
5	Воловский муниципальный район	30,103	0,0051
6	Дубенский муниципальный район	14,071	0,0012
7	Заокский муниципальный район	21,406	0,0044
8	Каменский муниципальный район	7,142	0,0006
9	Кимовский муниципальный район	42,458	0,0112
10	Киреевский муниципальный район	59,224	0,0185
11	Одоевский муниципальный район	3,556	0,0008
12	Плавский муниципальный район	119,856	0,0317
13	Суворовский муниципальный район	16,757	0,0029
14	Тепло-Огаревский муниципальный район	0,024	0,0001
15	Узловской муниципальный район	259,642	0,0639

Продолжение таблицы			
16	Чернский муниципальный район	0,336	0,0001
17	Щекинский муниципальный район	2040,167	0,3985
18	Ясногорский муниципальный район	7,314	0,0026
19	Городской округ город Тула	4072,036	0,8187
20	Городской округ город Алексин	1279,845	0,3161
21	Городской округ город Донской	24,080	0,0016
22	Городской округ город Ефремов	295,607	0,0500
23	Городской округ город Новомосковск	2898,297	0,6614
24	Городской округ рабочий поселок Новогуровский	5021,553	0,0763

Построение карт с помощью программного пакета Surfer.

Большие объёмы однотипной информации, в данном случае это показатели выбросов загрязняющих веществ, представленные в текстовой или табличной форме, невозможно быстро и качественно обрабатывать из-за сложности восприятия. С целью предоставления наглядных числовых данных в работе выполнен анализ и проведена визуализация объемной экологической информации с использованием картографических макетов.

В рамках представленной работы произведено теоретическое ознакомление с географическими информационными системами (ГИС), как раз разработанными для обработки данных, имеющих пространственную привязку. И практическое ознакомление с программным пакетом Surfer фирмы Golden SoftWare. Выбор пакета Surfer обусловлен тем, что он позволяет использовать 12 методов интерполяции для обработки исходных данных, достоверного отображения исходной информации и результатов обработки [7,8].

Исходными данными для построения тематической карты-схемы являлись центры муниципалитетов с известными координатами: (X1, Y1), (X2, Y2), ..., (Xn, Yn). Максимально в нашем наборе присутствовали 24 выборные точки (таблица 4), и это гораздо представительнее, чем информация лишь по трем муниципальным образованиям, по которым осуществляется федеральный контроль (именно, г. Тула, г. Новомосковск, Щекинский район).

Координаты X и Y выборных точек составили первые две колонки рабочей таблицы программы. В третью колонку вносили значения пространственных переменных, определенные в этих точках. В нашем случае – это атмосферные выбросы диоксида азота (таблица 4). Основой для построения послужила база данных согласно представляемой форме Федерального государственного статистического наблюдения № 2-ТП (воздух).

Используя количественные исходные данные по выбросам, обработали их каждым из 12 методов интерполяции и сравнили полученные сеточные функции. По результатам интерполирования для дальнейшего построения тематических карт использовали метод *Krige (Kriging)*.

Метод Krige (Kriging) – геостатистический метод построения сети. Строит наилучшие представления данных в большинстве случаев независимо от размера исходного множества экспериментальных точек [8].

На рисунке 1 представлена схема распределения выбросов оксидов азота в атмосферу по территории Тульской области.

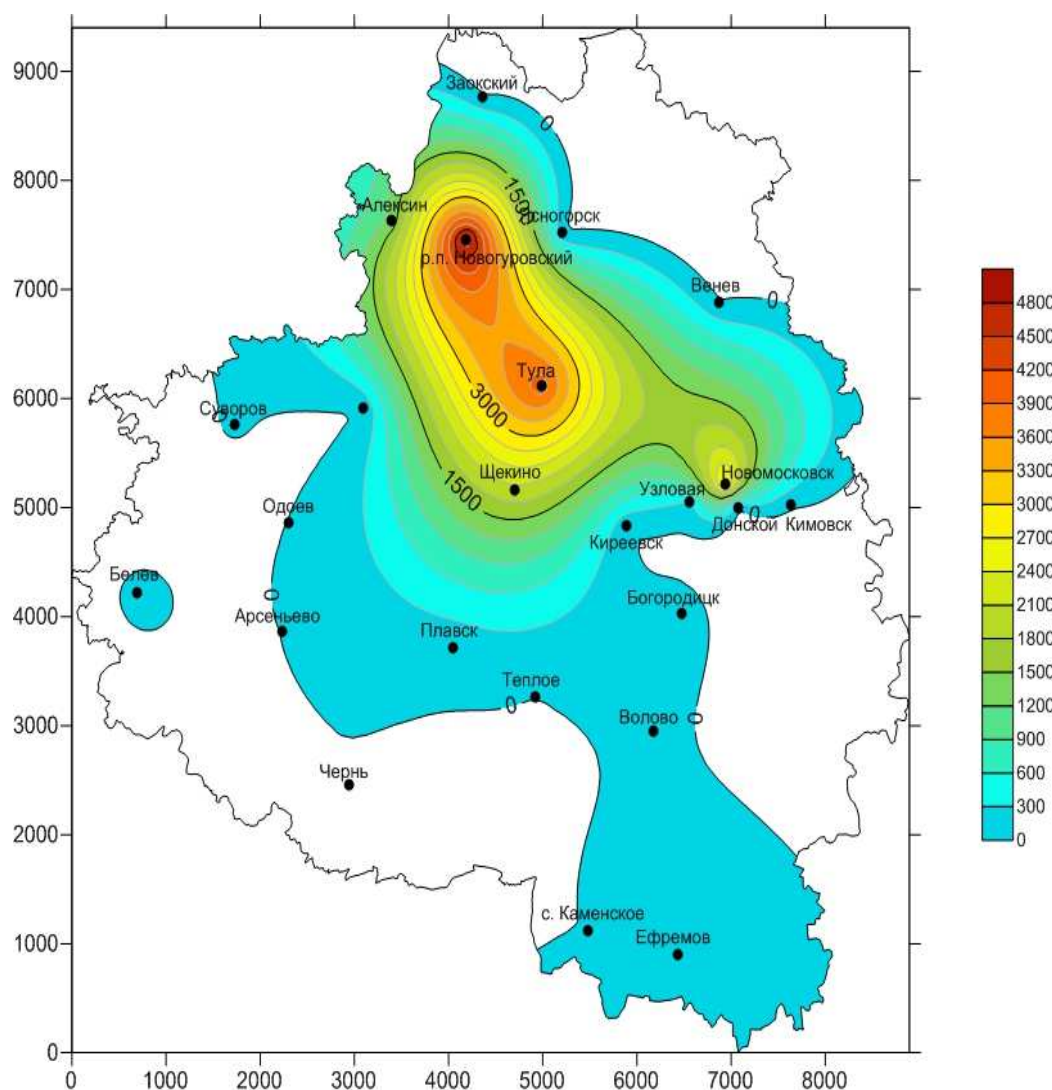


Рис. 1. Выбросы оксида азота (в пересчете на NO_2)

Анализ карты-схемы 1 позволил выделить на территории Тульской области зоны экологического благополучия и территории экологического неблагополучия. Последние, одновременно, являются территориями промышленных кластеров региона.

На шкале голубым цветом обозначен низкий уровень загрязнения атмосферы, красным цветом очень высокий уровень загрязнения. Следовательно, можно сделать вывод, что г. Тула, р.п. Новогуровский, г. Алексин, г. Новомосковск и Щекинский район имеют повышенную степень загрязнения оксидом азота (в пересчете на NO_2).

Основными источниками выбросов оксида азота (в пересчете на NO_2) в г. Тула являются предприятия Тулачермет и Тулатеплосеть, в р.п. Новогуровский – ХайдельбергЦемент Рус, в г. Алексин – Квадра и Алексинский стекольный завод, в г. Новомосковск – НАК Азот и Новомосковскогнеупор, а в Щекинском районе – Щекиноазот.

Список литературы

1. Меркулова С.В. Эколого-метеорологические аспекты изменения качества атмосферного воздуха г. Саранска за 2000–2010 гг. / С.В. Меркулова, С.Е. Хлевина, П.И. Меркулов // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25, № 2. – С. 79–86.
2. Вильфанд Р.М. Мониторинг и прогнозирование качества воздуха в Московском регионе / Р.М. Вильфанд, И.Н. Кузнецова, И.Ю. Шалыгина и соавт. // Биосфера. – 2014. – Т. 6. – №4. – С. 339-351.
3. Башарин В.А. Токсикология пульмонотоксикантов / В.А. Башарин, С.В. Чепур, П.Г. Толкач и соавт. – СПб.: ООО «Издательство «Левша. Санкт-Петербург», 2021. – 88 с.
4. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2023 год // Департамент Тульской области, 2024. – 77с.
5. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://global-weather.ru/regions/tulskaya_oblast-russia
7. Савинова Л.Н. Вопросы марганцевой токсичности. Распределение соединений марганца в урбаногемах г. Тулы / Л.Н. Савинова, В.А. Векшина, С.П. Туляков // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – С. 12-16.
8. Справочная система по использованию SURFER / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.studfiles.ru/preview/3109877/>

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

Аннотация. Работа посвящена изучению методов очистки газовых выбросов от оксидов азота. Рассмотрены основные методы удаления оксидов азота из дымовых газов. Наиболее приемлемым решением проблемы является применение химических методов, основанных на использовании реагентов, взаимодействующих с оксидами азота, что позволяет вернуть в окружающую среду азот, выведенный из кругооборота.

Развитие промышленности неразрывно связано с химией азота – производство удобрений, взрывчатых веществ, ракетного топлива, полимерных материалов, медицинских препаратов, продуктов питания. Кислородсодержащие соединения азота являются, с одной стороны, целевыми технологическими продуктами, с другой – опасными загрязнителями окружающей среды ввиду несовершенства существующих технологических

процессов. Кислородсодержащими соединениями азота в атмосфере являются его оксиды (N_2O , NO , NO_2 , N_2O_4), образующиеся как биогенным, так и техногенным путями. Мощными техногенными источниками их выделения в окружающую среду являются многие отрасли энергетики, промышленности и транспорта [1].

Загрязнение атмосферного воздуха соединениями азота актуально для Тульского региона. По данным выборочного федерального статистического наблюдения в 2023 году выбросы в атмосферу вредных веществ от стационарных источников организациями Тульской области составили 108,18 тыс. тонн [2]. В общем количестве выброшенных в 2023 году в атмосферу загрязняющих веществ оксиды азота составили 19,5 % (таблица 1).

Таблица 1

Динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тысяч тонн)

	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021г.	2022 г.	2023 г.
Всего	167	149	119,2	115,7	109,9	108,2
Оксиды азота	25	23	18,6	20,0	19,8	19,5

Важность проблемы защиты атмосферы от выбросов NO_x , стимулировала увеличение объема исследований, направленных на изучение механизмов образования оксидов азота при сжигании топлива и разработку методов снижения их эмиссии.

Все методы очистки дымовых газов от оксидов азота можно разделить на сухие и жидкофазные. Особенностью первых является то, что в большинстве случаев они предназначены для избирательной очистки газов только от NO_x с образованием конечного экологически чистого - молекулярного азота.

К основным методам удаления оксидов азота с помощью сухой очистки относятся:

- селективное каталитическое восстановление аммиаком (СКВ);
- селективное высокотемпературное (некаталитическое) восстановление аммиаком;
- неселективное каталитическое восстановление;
- адсорбция.

Жидкофазные методы можно разделить на процессы без регенерации абсорбента (одноразовое использование) и процессы с регенерацией абсорбента (т. е. когда абсорбент циркулирует по замкнутому контуру). Конечными продуктами таких методов на ряду с молекулярным N_2 являются соединения, используемые в качестве удобрения. Реализация этих продуктов может в значительной степени компенсировать затраты на строительство и эксплуатацию установок очистки дымовых газов.

В основе методов удаления оксидов азота с помощью жидкофазной очистки, лежат следующие процессы:

- окисление-абсорбция;
- абсорбция- окисление;
- абсорбция-восстановление, а также сочетание первого с последним.

Общий недостаток, характерный для всех технологий основанных на методах сухой очистки дымовых газов, заключается в том, что на всех стадиях технологической цепочки приходится иметь дело с большими объемами очищаемого газа. Следствием этого являются крупногабаритные аппараты, требующие больших капитальных вложений. При использовании жидкофазных методов очистки аппараты больших объемов необходимы только на стадии промывки газа, на последующих стадиях, связанных с утилизацией извлекаемых из дымовых газов продуктов, – относительно небольших объемов. Прослеживается тенденция существенного увеличения числа работ, связанных с исследованиями возможности извлечения оксидов азота из газов с помощью жидкофазных методов.

1. Газофазные (сухие) методы денитрации газов

Среди газофазных методов денитрификации газов наибольшее распространение получили каталитические методы. Каталитический метод предпочтителен и с экономической точки зрения. При использовании этих методов, как правило, проводят восстановление оксидов азота восстанавливающими агентами: NH_3 , CO , CH_4 , и другими углеводородами: H_2 , коксовый газ (H_2 , CH_4 , CO , CO_2), из которых чаще всего применяют аммиак. В качестве катализаторов используют кокс, катализаторы на основе металлов платиновой подгруппы, оксидов, гидроксидов и солей металлов переменной валентности (в порядке убывания частоты использования) ванадий (V), железо (Fe), вольфрам (W), медь (Cu), молибден (Mo), марганец (Mn), церий (Ce), кобальт (Co), никель (Ni), олово (Sn), лантан (La), металлы подгруппы урана (U), кальций (Ca), магний (Mg), барий (Ba), висмут (Bi), кадмий (Cd), сурьма (Sb), свинец (Pb). Активность соединений убывает в ряду: Pt (платина), MnO_2 , V_2O_5 , CuO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , Co_2O_3 , MoO_3 , NiO , WO_3 , Ag_2O , ZrO_2 , Bi_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , PbO .

К катализаторам очистки газов предъявляются весьма жесткие требования – высокая активность и избирательность каталитического действия, термостабильность, устойчивость к действию ядов, высокая механическая прочность, большая теплопроводность. Катализаторы не должны быть потенциально опасными, а их производство не должно привносить дополнительное загрязнение в окружающую среду. В настоящее время все большее распространение получают насыпные (гранулированные) и монолитные многокомпонентные каталитические системы, содержащие активные металлы на различных носителях. В качестве активного компонента используют один или несколько металлов: Mn, Fe, Cr, V, Mo, Co, Ce, Ni, W, Cu, Sn, Au, Pt, Pd, Rh и Ir [3].

Селективное восстановление NO_x монооксидом углерода в окислительной среде достигается с участием Pt, Pd, Rh и Ir, нанесенных на Al_2O_3 [3]. Монооксид углерода селективно восстанавливает оксиды азота также на биметаллических Pt-Ru, Pd-Ag, Pd-Cr, Pt-Rh-катализаторах. В последнее время много внимания уделяется разработке новых каталитических систем для селективного восстановления NO_x углеводородами и, прежде всего, метаном [3]. Перспективными считаются блочные катализаторы и системы, не содержащие благородных металлов. При селективном восстановлении оксидов азота

аммиаком применяют оксидный катализатор V_2O_5/TiO_2 в виде гранул или сотовых блоков при 250-400 °С [3]. Промотирующее действие оказывает WO_3 , а связками служат силикатные добавки.

В качестве носителя блочного ванадийтитанового катализатора сотовой структуры для селективного восстановления NO_x аммиаком рекомендована пластическая масса на основе аэросилогеля и огнеупорной глины. Блоки, сформованные из этой массы, механически прочны, устойчивы к спеканию и имеют развитую поверхность. Катализатор отличается высокой устойчивостью к диоксиду серы, а в некоторых случаях SO_2 даже увеличивает активность созданной системы. Степень очистки отходящих газов ТЭС от оксидов азота с применением данного катализатора составляет более 80 % при скорости газового потока до 10000 ч⁻¹ [3].

При использовании аммиака процесс удаления NO_x проводится при более низких температурах (200-350°С с использованием недорогих катализаторов (оксиды Fe, V, Al), при этом эффективность очистки может достигать 98 %. Недостатком таких методов является низкая активность катализатора при температурах ниже 200 °С и наличие аммиака в газовых выбросах, во избежание чего в газы вводят спирты, альдегиды, эфиры [1].

Наметившимся направлением совершенствования катализаторов сотовой структуры является нанесение на поверхность блочных катализаторов активного компонента – вторичного покрытия с последующим его закреплением. Вторичное покрытие позволяет существенно снизить содержание благородных и тяжелых металлов (на единицу объема катализатора) и повысить механическую прочность катализатора. Такая модификация особенно эффективна для катализаторов на керамических носителях, так как они обеспечивают сильное сцепление с вторичным покрытием и повышают устойчивость последнего к истиранию. С использованием этого подхода созданы катализаторы селективного восстановления NO_x аммиаком [3]. Их готовят на основе керамических и оксидных блочных носителей сотовой структуры, в качестве активных компонентов применяются оксидные системы (V-Ti-O и Cu-Ti-O) и металлзамещенный цеолит ZSM-5 (Cu/ZSM-5 и Co/ZSM-5). Эти катализаторы при существенно более низком общем содержании тяжелых металлов могут конкурировать с массивными образцами, так как они работают в широком интервале температур, сохраняя при этом свои более высокие прочностные характеристики. Кроме того, созданы каталитические системы с вторичным термостабильным покрытием, содержащие в качестве активных компонентов Pt и Pd и модифицирующие добавки – катионы Ce, La, Zr, Mg, Si, активные в процессе конверсии метана [3].

Применение каталитических методов целесообразно при низких концентрациях NO_x , невысокой загрязненности отходящих газов твердыми частицами, проведение процесса очистки при высоких температурах (до 1000°С).

Деструктивные методы денитрификации дымовых газов также основаны на применении катализаторов. Оксиды азота при температурах 600...1000 °С

разлагаются до молекулярного азота и кислорода.

Гомогенные восстановительные методы, как и каталитические, предусматривают использование восстанавливающих агентов (NH_3 , пиридин, пары мочевины, CO , H_2 , CH_4 , нефтепродукты, генераторный газ, формальдегид). Процесс проводят при высоких температурах (900-1100 °C), оксиды азота при этом восстанавливаются до молекулярного азота. Степень очистки отходящих газов составляет около 85 %. Недостатком некаталитического восстановления NO_x углеводородами, помимо сравнительно невысокой его эффективности, является возможность образования нитрозосоединений.

В последнее время получили распространение процессы селективного некаталитического восстановления NO_x с использованием азотсодержащих веществ – аммиака и других гидридов азота, солей аммония, алифатических и ароматических аминов и амидов, циануровой кислоты, гетероциклических азотсодержащих соединений [1]. Восстановление оксидов азота аммиаком идет при температурах 850-1100 °C, эффективность очистки газов достигает 80 % и выше. Для увеличения степени превращения NO_x в поток газа совместно с восстановителем вводят вещества, образующие при термическом разложении ОН-радикалы (метанол, многоатомные спирты). Предложено инжектировать в поток газа растворы карбамида, содержащие инициаторы (спирты, соли аммония), способствующие понижению температуры процесса восстановления NO_x и увеличению степени очистки отходящих газов до 90-95 %. Помимо растворов можно использовать смеси сухого карбамида с тонкоизмельченными щелочными реагентами – известью, карбонатами [1]. Карбамид как восстановитель оксидов азота имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционно используемым аммиаком: нетоксичен, не вызывает коррозии конструкций, удобен для транспортировки. При этом сумма капитальных и эксплуатационных издержек карбамидного способа очистки дымовых газов значительно ниже соответствующих затрат при селективном каталитическом восстановлении аммиаком и денитрификации [1].

Адсорбционные методы – одни из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от загрязнений. Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты.

Активированные угли обладают меньшей селективностью, чем другие адсорбенты и являются одними из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках. Оксидные адсорбенты (селикагели, синтетические цеолиты, оксид алюминия) обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам. Их недостаток – снижение эффективности в присутствии влаги.

Для десорбции примесей применяют нагревание адсорбента, вакуумирование, продувку инертным газом, вытеснение примесей более легко адсорбирующимся веществом, например водяным паром. В последнее время особое внимание уделяется десорбции примесей путем вакуумирования. При вакуумировании системы и непрямом нагреве удастся утилизировать выделяющиеся примеси.

Для проведения процессов адсорбции разработаны различные технологии [1]. Наибольшее распространение имеют адсорберы с неподвижным слоем гранулированного или сотового адсорбента. Процессы непрерывного осуществления адсорбции с регенерацией адсорбента в отдельных аппаратах позволяют создавать системы с движущимся зернистым слоем адсорбента, через который непрерывно фильтруется газовая смесь.

Жидкофазные методы денитрации газов

Поглощение оксидов азота из отходящих газов различными жидкими поглотителями является одним из распространенных и давно используемых в промышленности способов. Доступность методов абсорбционной очистки в значительной мере определяется тем, что в отличие от большинства сухих способов, они не зависят от колебаний концентраций примеси на входе и не требуют применения высоких температур.

Жидкофазные методы можно разделить на два основных блока. Это наиболее освоенные, простые абсорбционные методы без регенерации абсорбента. Существенным их недостатком является образование отработанных абсорбционных растворов, требующих дальнейшей переработки. И абсорбционные методы с регенерацией абсорбента, т.е. когда абсорбент циркулирует по замкнутому контуру. Из системы выводятся только продукты утилизации. Это безусловно более перспективные способы, так как позволяют утилизировать оксиды азота в виде товарных продуктов и не создают массовых стоков.

Для понимания физико-химических основ рассматриваемых процессов может быть предложена следующая классификация абсорбционных методов очистки газов от NO_x :

- окислительно-абсорбционные, когда окисление NO проводится в газовой фазе перед стадией абсорбции с использованием таких окислителей, как O_2 , O_3 , Cl_2 , ClO_2 , Cl_2O , воздух, пары HNO_3 и т.п.;
- абсорбционно-окислительные, когда окислитель дозируется в сорбционный раствор. В качестве окислителей используют довольно широкий спектр соединений: KBrO_3 , KMnO_4 , H_2O_2 , H_2O_2 в виде клатрата с мочевиной, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaClO (по убыванию окислительной способности);
- окислительно-абсорбционно-восстановительные, когда для увеличения эффективно окислительно-абсорбционно-восстановительные, когда для увеличения эффективности извлечения NO_x из газа проводят окисление NO в газовой фазе до оптимального соотношения $\text{NO}/\text{NO}_2 = 1$, а восстановитель входит в состав сорбционного раствора;
- абсорбционно-восстановительные, из восстановителей применяют NH_4OH , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, сульфамиловую кислоту, гидроксилламин, сульфокислоту, формиат аммония, цианамид кальция, комплекс сульфата двухвалентного железа с гидразином, соли железа (II), комплекс железа (II) с ЭДТА, сульфитбисульфиты, тиокарбаматы, политионаты, тиосульфаты, фосфорную кислоту и ее соли, карбамид, амины и аминовые спирты.

При организации технологии очистки газов по типу двух первых групп основными конечными продуктами являются нитриты и нитраты, и, как следствие, возникает проблема утилизации образующихся стоков. Все эти процессы, как правило, относятся к нерегенеративным.

Третья и четвертая группы методов позволяют восстанавливать оксиды азота до молекулярного азота, а также получать ценные товарные продукты, например удобрения для сельского хозяйства. Методы этих групп регенеративны и имеют бесспорное преимущество по той причине, что позволяют создавать варианты совместной очистки газов от оксидов серы и азота. Это играет существенную роль при коммерциализации технологий, так как существенно сокращает капитальные вложения на строительство установок по сравнению с последовательным совмещением установок очистки от SO_2 с установками очистки NO_x , как это имеет место при создании технологий с использованием газофазных методов.

Регенеративные методы рассматриваются, как более перспективные. Наибольшую долю этих методов составляют способы абсорбционно-восстановительной группы, к которым относятся процессы с использованием сорбента, содержащего в своем составе соли металлов, способные образовывать нитрозильные комплексы (Fe, Co, Ni, Cu, Mn, Sn, V и др.). Наибольший эффект достигается при использовании хелатных соединений перечисленных выше металлов. Перспективны для связывания монооксида азота нитрозильные комплексы железа (II). Они наиболее стабильны в ряду аналогичных комплексов переходных металлов 3d-группы. Важно также с точки зрения использования их в промышленных целях, что соли железа более дешевые среди этих металлов. Нитрозильные комплексы железа включают необходимые для их стабилизации сравнительно дешевые и доступные соединения, выступающие в них в качестве моно- или бидентатных лигандов: ацетилацетона, оксалата, цитрата, имидодиацетата (ИДА), нитрилтриацетата (НТД), этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и др. Способность хелатов к взаимодействию с NO существенным образом зависит от природы лиганда (L). По степени влияния на абсорбцию NO_x хелаты располагаются в ряд:

$\text{ЭДТА} > \text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_3 > \text{HN}(\text{CH}_2\text{COOH})_2 > \text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} > \text{НОСОСН}_2\text{NHСН}_2 > > \text{СН}_2\text{NHСН}_2\text{COOH}.$

Абсорбционные жидкости, приготовленные на основе Fe^{2+} – ЭДТА и содержащие в своем составе восстановитель, не только извлекают NO_x из отходящих газов, но и восстанавливают NO до N_2O и N_2 . Образующиеся комплексы хелатного соединения Fe(II) с NO_x можно восстанавливать электролитически. При этом NO восстанавливается до N_2 или NH_3 . Одновременно трехвалентное железо (Fe^{3+} – ЭДТА) восстанавливается до двухвалентного без разрушения хелатного комплекса. Тем не менее, способ устранения основного недостатка метода – регенерация и подготовка отработанной поглотительной жидкости к повторному использованию - пока не предложен.

Особый интерес представляет использование для восстановления оксидов азота, извлекаемых из газов, водных абсорбентов, содержащих сульфиты,

гидросульфиты, триосульфиты, полиитионаты калия, натрия или аммония. Сравнения абсорбционных способностей таких растворов, как вода, едкий натр, сода и сульфит натрия, показали, что максимальное извлечение оксидов азота наблюдается для растворов Na_2SO_3 . При изучении кинетики поглощения NO_x растворами сульфита и полиитионата натрия в щелочной среде найдено, что процесс с образованием N_2 , идет быстро и необратимо. Применение кислородосодержащих соединений в качестве восстановителей для монооксида азота позволяет одновременно очищать дымовые газы, которые, как правило, содержат диоксид серы и NO_x .

Таким образом, результаты анализа существующих в настоящее время и разрабатываемых методов удаления оксидов азота из отходящих газов показывали, что решение проблемы технологического уменьшения выбросов NO_x в окружающую среду неизменно влечет за собой необходимость переработки (утилизации) отработанных сорбентов и катализаторов, которые в ряде случаев сами являются загрязнителями окружающей среды. Наиболее приемлемым решением проблемы загрязнения атмосферы оксидами азота является применение химических методов, основанных на использовании реагентов, селективно взаимодействующих с оксидами азота по реакциям репропорционирования с образованием экологически безопасного вещества – молекулярного азота [1]. Фактически, эти методы позволяют вернуть в окружающую среду азот, выведенный из кругооборота за счет его химического связывания в различных технологиях.

Таблица 2

Эффективность методов удаления оксидов азота (NO_x) [1,3-6]

Метод очистки газов от NO_x	Эффективность, %
Восстановление углеводородами на Pd- или Pt- катализаторе	>90
Каталитическое восстановление природным газом при повышенном давлении	95-97
Низкотемпературное каталитическое восстановление аммиаком	96-100
Разложение в низкотемпературной плазме в присутствии восстановителей	80-90
Термическое разложение в потоке газа-восстановителя	90-99
Термическое разложение в присутствии твердых восстановителей	98-100
Абсорбция щелочными растворами	75-80
Абсорбция растворами карбамида (5-10%) и сульфаминовой кислоты (0,3%)	92-99
Абсорбция рециркулирующей азотной кислотой	98
Абсорбция растворами гипохлоритов	80
Адсорбция лигнином в кипящем слое	99

Список литературы

1. Шабанова И.А. Сравнительная эффективность технологий очистки отходящих газов от оксидов азота / И.А. Шабанова, С.В. Ковалева, А.В. Коршунов // Инженерный вестник Дона, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8428.

2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2023 год // Департамент Тульской области, 2024. – 77с.

3. Кузьмина Р.И. Каталитическая очистка газовых выбросов от оксидов азота и углерода / Р.И. Кузьмина, В.П. Севостьянов // Российский химический журнал. – 2000. – Т. 44, №1. – С.71-76.

4. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В.Р. Котлер. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.

5. Мищенко А.В. Термический метод нейтрализации оксидов азота / А.В. Мищенко, С.И. Кузнецов // Вестник ХНТУ. Инженерные науки. – 2018. – № 2 (65). – С. 35-40.

6. Стрелкова А.В. Разработка термического способа обезвреживания оксидов азота с помощью активных углей / А.В. Стрелкова, А.М. Пыжов, А.С. Анисимов // Известия Самарского научного центра РАН. – Т. 15, № 3, вып. 6. – С. 1969-1971.

ТОКСИЧНОЕ ДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ГИДРОБИОНТЫ

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрена биологическая роль тяжелых металлов в организмах гидробионтов и как эссенциальных элементов, и как токсичных агентов. Рассмотрены аспекты действия тяжелых металлов на организм гидробионтов в случае их повышенного содержания в воде.

Тяжелые металлы в процессах жизнедеятельности организмов могут играть роль и лимитирующих факторов, и токсикантов.

Обобщим сведения о биологической роли эссенциальных металлов и значимых токсикантов в природных поверхностных водах [1-7].

Свинец является постоянным компонентом тканей и органов живых организмов. Однако до последнего времени его рассматривали исключительно как токсический агент. Действительно, свинец обладает канцерогенными эффектами, оказывает гонадотоксическое и эмбриотоксическое действия.

Однако показано, что полное исключение свинца из диеты негативно сказывается на развитии организмов. Изучение биологической роли элемента продолжается. Уже понятно, что свинец участвует в обменных процессах в костной ткани. Активно влияет на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат.

ПДК свинца (суммарно) в водных объектах рыбохозяйственного значения – 0,01 мг/дм³, ПДК в водных объектах хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования – 0,01 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 [8], СанПиН 1.2.3685-21[9]).

Медь, цинк, никель, в количествах мг/кг, нг/кг, являются жизненно необходимыми (эссенциальными) для организма элементами. Все они участвуют в процессах роста, развития и репродукции; влияют на метаболические процессы в организме растений и животных. Однако индивидуальная потребность в «биометаллах» невелика; в концентрациях, превышающих предельно допустимые, они становятся биологически опасными.

Медь. В организмах гидробионтов медь играет важную роль в метаболических процессах. Медь является структурным звеном ряда ферментных систем, принимает участие в фенольном, азотистом обмене (обмене белков и нуклеиновых кислот). Входит в состав известных оксидаз, таких, как цитохромоксидаза, аскорбатоксидаза, полифенолоксидаза. Цитохромоксидаза является участником дыхательной цепи митохондрий. Аскорбатоксидаза и полифенолоксидаза осуществляют окисление аскорбиновой кислоты и фенолов. Медь активизирует ряд ферментов азотистого обмена, в частности протеазы.

Медь участвует в синтезе гемоглобина и других железопорфиринов. В организме рыб максимальное количество меди сосредоточено в печени – органе, в котором наиболее интенсивно протекают биоэнергетические и биосинтетические процессы.

Эссенциальные (жизненно-необходимые) дозы меди повышают иммунобиологическую устойчивость и резистентность организма к неблагоприятным воздействиям внешних факторов; активируют гонадотропные ферменты; стимулируют деятельность гормона гипофиза. Медь влияет на образование меланина, следовательно, принимает участие в процессах пигментации чешуйчатого покрова. При дефиците меди нарушается нормальное развитие соединительной ткани и кровеносных сосудов.

При этом медь относится к группе высокотоксичных металлов. Показано, что при концентрации меди свыше 0,01 мг/дм³ тормозятся процессы самоочищения водоемов. При концентрации 0,4-0,5 мг/дм³ медь губительно действует на микрофлору и тормозит биологические процессы очистки сточных вод, задерживает размножение микроорганизмов, аммонификацию и нитрификацию сточных вод. При концентрации меди 1,0 мг/дм³ заметно тормозятся процессы аэробной очистки сточных вод активным илом, уменьшается количество окисленного азота в сточных водах, задерживается образование активного ила.

БПК₅ разведенных сточных вод снижается при концентрации меди 0,001 мг/дм³ на 7 %, при 0,05 мг/дм³ – на 24 %, при 0,1 мг/дм³ – на 37 %, при 0,5 мг/дм³ – на 46 %.

Установлено, что ионы Cu²⁺, Zn²⁺, Co²⁺ и Ni²⁺ в концентрациях 0,0001-1,0 мг/дм³, угнетают фотосинтетическую активность микроводорослей *Scenedesmus quadricauda* на 47-95 %, 42-90 %, 34-80 % и 20-60 %, соответственно, наибольшее воздействие оказывают ионы меди и цинка.

Ионы Cu²⁺, Zn²⁺, Co²⁺ и Ni²⁺ в концентрациях 0,0001–0,01 мг/дм³ не влияют на выживаемость рачков *Daphnia magna* (Дафния большая), но уменьшают рождаемость на 80%. В концентрациях 0,1 и 1 мг/дм³ ионы Cu²⁺ проявляют

острую токсичность, ионы Zn^{2+} , Co^{2+} и Ni^{2+} – хроническую токсичность. Ионы Cu^{2+} , Zn^{2+} (0,0001-0,01 мг/дм³) снижают трофическую активность дафний на 20-43, 18- 30 %, соответственно.

ПДК меди (суммарно) в водах рыбохозяйственного значения – 0,001 мг/дм³, ПДК в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 1 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21).

Цинк. является структурным компонентом около двухсот ферментов. В число этих цинковых ферментов входят пептидазы и амидазы, которые участвуют в расщеплении амидных связей и разрушают коллаген; дегидрогеназы и фосфатазы. Цинк активирует ферменты белкового обмена, участвует в метаболизме нуклеиновых кислот и клеточном делении. Как активатор щелочной фосфатазы цинк участвует в синтезе и активации Zn-содержащих ферментов, обеспечивающих процессы тканевого дыхания.

В водных растениях роль цинка определяется его влиянием на ключевые реакции фотосинтеза. Он принимает участие в азотистом обмене, необходим для синтеза белков и нуклеиновых кислот; в реакциях, связанных с углеводным и фосфорным обменом; в регуляции синтеза крахмала. В организме водных животных цинк стимулирует активность кишечных ферментов (амилазы, инвертазы и пептидазы) у рыб; входит в состав карбоангидразы, которая катализирует реакцию дегидратации угольной кислоты.

В личиночный период развития у рыб резко возрастает потребность не только в макроэлементах, но и в микроэлементах, в частности в цинке. Он необходим для формирования костного скелета, плавников, чешуи.

Цинк в больших концентрациях может становиться токсичным, что проявляется в блокировании передачи нервных импульсов, торможении подвижности рыб и других функциональных нарушениях соматических органов.

При увеличении концентрации цинка в воде до 0,1 мг/дм³ активируется синтез РНК и ДНК в печени, кишечнике и мышцах рыб. Более высокие концентрации угнетают их синтез.

Избыток цинка может нарушать усвоение меди. А увеличение содержания цинка, меди и кадмия, в свою очередь, резко ухудшает аккумуляцию железа.

ПДК цинка (суммарно) в водных объектах рыбохозяйственного значения – 0,01 мг/дм³, ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 5 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21); 1 мг/дм³ (ГН 2.1.5.1315-03).

Никель. необходим для нормального роста организма. Этот элемент обнаружен в уреазах, широко распространенных в растениях и найденных у ряда микроорганизмов, однако его роль до конца не выяснена.

Избыточное поступление никеля в организм в течение длительного времени может приводить к нарушениям в углеводном и азотистом обменах; изменениям в кроветворении и работе сердечно-сосудистой, нервной и пищеварительной систем; нарушениям функции щитовидной железы и

репродуктивной функции; дистрофическим изменениям в печени, почках, других паренхиматозных органах.

Нахождение в воде, загрязненной никелем в концентрациях, приведенных ниже, в течение 96 часов приводит к гибели следующих водных организмов: комаров – 8,6 мг/дм³, гаммарид – 13,0 мг/дм³, моллюсков – 11,4 мг/дм³, щетинкового червя – 14,1 мг/дм³, улиток – 14,3 мг/дм³. Токсическое действие никель оказывает на гольяна в концентрации 0,38 мг/дм³, на бокоплава – мг/дм³, на радужную форель – 25,0 мг/дм³, на карпа – 45,0 мг/дм³.

ЛД₅₀ Ni для рыб – 0,002 мг/дм³, для дафний – 0,005 мг/дм³, для сине-зеленых водорослей – 0,01 мг/дм³.

ПДК никеля (суммарно) в водах рыбохозяйственного значения – 0,01 мг/дм³, ПДК в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,02 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21); 1 мг/дм³ (ГН 2.1.5.1315-03).

Кобальт. Кобальт является эссенциальным микроэлементом для всех организмов. Он входит в состав витамина В₁₂, который необходим для реакции метилирования, фиксации азота в сине-зеленых водорослях. В организме животных кобальт активирует ионизацию и резорбцию железа, влияет на процесс образования эритроцитов, активирует синтез белков, способствует их накоплению в органах и тканях и ассимиляции азота, влияет на углеводный обмен, активизирует костную и кишечную фосфатазы, каталазу, карбоксилазу, пептидазы, угнетает цитохромоксидазу и синтез тироксина.

С другой стороны, избыток кобальта обладает токсическим действием. Кобальт снижает способность воспроизводства дафний в концентрации 0,01 мг/дм³, он аккумулируется из воды тканями водных организмов и обнаружен в теле речных моллюсков в количестве 0,3 мг/кг и речных рыб 0,09 мг/кг массы. Кобальт в концентрации 5 мг/дм³ тормозит процессы самоочищения водоемов.

ПДК кобальта (суммарно) в водах рыбохозяйственного значения – 0,01 мг/дм³, ПДК в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,1 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21).

Железо. В биологических системах железо, в зависимости от природы связанного с ним лиганда, может присутствовать в двухвалентном состоянии (в миоглобине и гемоглобине) и трехвалентном состоянии (в каталазах и оксидазах).

Железо является компонентом более семидесяти различных по своим функциям ферментов: транспортировка электронов (цитохромы, железосеропротеиды); транспортировка и депонирование кислорода (миоглобин, гемоглобин); формирование окислительно-восстановительных центров ферментов (оксидазы, гидроксилазы и др.); транспортировка и депонирование железа (трансферин, гемосидерин, ферритин).

Кальций, витамины С и В₁₂, пепсин способствуют усвоению железа. Увеличение содержания цинка, меди, марганца и кадмия резко ухудшает аккумуляцию железа. Избыток железа уменьшает способность организма усваивать медь и цинк.

ПДК железа (суммарно) в водах рыбохозяйственного значения – 0,1 мг/дм³, ПДК в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,3 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21).

Хром. В природных водах наиболее устойчивыми являются соединения, в которых хром проявляет степень окисления +6, однако высокая стабильность свойственна и соединениям со степенью окисления +3. Соединения трехвалентного и металлического хрома не оказывают негативного воздействия на живые организмы. Наиболее опасными являются соединения шестивалентного хрома, которые наряду с общетоксикологическим действием способны вызывать мутагенный и канцерогенный эффекты.

Хром относится к числу элементов необходимым живым организмам. Основные его функции – взаимодействие с инсулином в процессах углеводного обмена, регуляции уровня глюкозы в крови, участие в структуре и функции нуклеиновых кислот.

Поскольку хром является структурным компонентом низкомолекулярного органического комплекса – фактора толерантности к глюкозе, он нормализует проницаемость клеточных мембран для глюкозы, процессы использования ее клетками и депонирования, и в этом плане функционирует совместно с инсулином. Он способен усиливать действие инсулина во всех метаболических процессах, регулируемых этим гормоном. Влияние хрома на липидный обмен также опосредуется его регулирующим действием на функционирование инсулина.

Недостаток хрома приводит к задержке роста, вызывает нейропатию и нарушение высшей нервной деятельности, снижает оплодотворяющую способность сперматозоидов.

Избыточное содержание хрома в организме приводит к изменению иммунологической реакции организма, снижению репаративных процессов в клетках, ингибированию ферментов, поражению печени, нарушению процессов биологического окисления, в частности, цикла трикарбоновых кислот.

ПДК хрома (Cr⁶⁺) в водах рыбохозяйственного значения – 0,02 мг/дм³, ПДК хрома (суммарно) в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,05 мг/дм³ (приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552, СанПиН 1.2.3685-21).

Ртуть. Для рыб из естественных водоёмов значительную опасность представляют ртуть и её соединения, отличающиеся исключительной токсичностью и интенсивно накапливающиеся в некоторых компонентах водных экосистем. Металл поступает в организм рыб как в неорганической, так и в органической форме. Образование металлоорганических соединений ртути (Hg),

таких как метилртуть ($\text{MeHg} - \text{CH}_3\text{Hg}^+$) осуществляется микроорганизмами благодаря процессам метилирования. В естественных условиях более 90 % MeHg может попадать в организм рыб с пищей. При этом MeHg , благодаря высокому сродству к липидам, легко перемещается через клеточные мембраны и изменяет клеточный метаболизм, что делает её на порядок опаснее неорганических форм металла.

Ртуть и метилртуть негативно влияют на пищевое поведение рыб. Причиной этого может быть нарушение памяти и способности к обучению за счет снижения активности ацетилхолинэстеразы (АХЭ) в головном мозге.

Важно отметить, что многие объекты питания рыб способны аккумулировать металлы пропорционально их концентрации в воде и пище. Наибольший уровень MeHg наблюдается у хищных беспозвоночных и у рыб, находящихся в конце трофической цепи, причем в тканях пресноводных рыб в метилированной форме находится более 95 % ртути.

ПДК ртути Hg в водах рыбохозяйственного значения – 0,00001 мг/дм³, ПДК в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,0005 мг/дм³ (приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. № 552 (с изменениями на 10 марта 2020 года), СанПиН 1.2.3685-21).

Список литературы

1. Давыдова О.А. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов; под науч. ред. Е.С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
2. Шилова Н.А. Влияние биогенных металлов на жизнедеятельность *Daphnia magna* / Н.А. Шилова, С.М. Рогачева, Т.И. Губина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12 – № 1(8) – С.1951-1953.
3. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.02.08 / Н.А. Шилова. – Саратов, 2014. – 19 с.
4. Остроумова С.А. Взаимодействие меди с гидробионтами в связи с экологическим мониторингом и изучением роли водных организмов в биогеохимических потоках / С.А. Остроумова [и др.] // Экология водоемов. – 2007. – № 4. – с.54-68.
5. Моисеенко Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина. – М.: Наука, 2006. – 261 с.
6. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология. Теоретические и прикладные аспекты. – Наука, 2009. – 400 с.
7. Моисеенко Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина. – М.: Наука, 2006. – 261 с.
8. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных

объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года).

9. Санитарные правила и нормы 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 года).

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А.А. Подшибякина
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Тема электроэнергетики и окружающей среды играет все более важную роль в современном мире. Производство и потребление электроэнергии оказывают значительное воздействие на окружающую среду, что может привести к загрязнению атмосферы, водных ресурсов, почвы и угрозе биоразнообразия. Для снижения отрицательного воздействия электроэнергетики на окружающую среду принимаются различные меры. Одним из ключевых направлений является переход к использованию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, гидроэнергетика и другие. Эти источники энергии считаются более экологически чистыми и устойчивыми, по сравнению с использованием ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и природный газ. Таким образом, взаимодействие между электроэнергетикой и окружающей средой является актуальной проблемой современного общества, и ее решение требует комплексного подхода и действий на глобальном уровне.*

Электроэнергетика, как и любая другая отрасль промышленности, оказывает определенное влияние на окружающую среду. Некоторые из основных аспектов влияния электроэнергетики на окружающую среду включают в себя:

1. *Выбросы парниковых газов.* Производство электроэнергии часто связано с выбросом парниковых газов, таких как диоксид углерода, оксиды азота и серы, которые способствуют изменению климата и создают проблемы с образованием смога.

2. *Ресурсоемкость процессов производства.* Для производства электроэнергии требуется большое количество ресурсов, таких как уголь, нефть, природный газ и водные ресурсы. Это может приводить к высокой степени добычи этих ресурсов и угрожать биоразнообразию.

3. *Воздействие на водные ресурсы.* Гидроэлектростанции и атомные электростанции требуют доступа к водным ресурсам, что может вызывать проблемы с водоснабжением и угрожать экосистемам рек и озер.

4. *Отходы и радиоактивные загрязнения.* Производство электроэнергии может привести к образованию опасных отходов и радиоактивного загрязнения, которые требуют специальной обработки и хранения для предотвращения негативных последствий для окружающей среды и человеческого здоровья [1].

Воздействие тепловых электростанций на окружающую среду во многом зависит от вида сжигаемого топлива.

При сжигании твердого топлива, к которому относятся уголь и торф, в атмосферу поступает летучая зола, сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, фтористые соединения и газообразные продукты неполного сгорания топлива.

При сжигании жидкого топлива (природный газ) с дымовыми газами в атмосферу поступают: сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, соединения ванадия и солей натрия.

Отходы энергетических объектов, являющиеся основным источником глобальных загрязнителей, в виде газовой, жидкой и твердой фазы распределяют на два потока: глобальные и локальные изменения.

Глобальные изменения обусловлены в основном выбросами парниковых газов, таких как углекислый газ (CO_2), метан и диоксид азота, которые приводят к изменению климата на планете. Эти газы вызывают парниковый эффект и увеличивают температуру Земли, что приводит к различным аномалиям погоды, повышению уровня мирового океана и другим серьезным последствиям.

Локальные изменения связаны в основном с выбросами вредных веществ в атмосферу, которые могут привести к загрязнению воздуха, почвы и воды в районах энергетических объектов. Это может вызвать различные заболевания у местного населения, ухудшение экологической ситуации и уничтожение биоразнообразия [1].

Для сокращения воздействия отходов энергетических объектов на окружающую среду и здоровье людей, необходимо принимать меры по уменьшению выбросов парниковых газов, внедрению чистых технологий производства энергии, рециклированию отходов и контролю за выбросами вредных веществ. Только таким образом можно обеспечить устойчивое развитие и сохранение природы для будущих поколений.

На современном этапе тепловые электростанции выбрасывают в атмосферу около 20 % от общего количества всех вредных отходов промышленности. Они существенно влияют на окружающую среду района их расположения и на состояние биосферы в целом. Наиболее вредны конденсационные электрические станции, работающие на низкосортных видах топлива [2].

Для того, чтобы снизить интенсивность техногенного воздействия электроэнергетики на атмосферный воздух, деятельность должна проводиться в соответствии с требованиями природоохранного законодательства, в частности Федерального закона № 7 от 10.01.2002 г. (ред. от 29.07.2017 г.) «Об охране окружающей среды» и Федерального закона от 04.05.1999 г. № 96 Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» [3,4].

Сточные воды ТЭС и ливневые стоки с их территорий, загрязненные отходами технологических циклов энергоустановок и содержащие ванадий, никель, фтор, фенолы и нефтепродукты, при сбросе в водоемы могут оказать влияние на качество воды, водные организмы. Изменение химического состава

тех или иных веществ приводит к нарушению установившихся в водоеме условий обитания и сказывается на видовом составе и численности водных организмов и бактерий и в конечном счете может привести к нарушениям процессов самоочищения водоемов от загрязнений и к ухудшению их санитарного состояния.

Представляет опасность и тепловое загрязнение водоемов, которое происходит из-за сброса нагретой воды в окружающие водные объекты, что может привести к изменению температуры воды и ухудшению условий жизни для многих видов рыб и других водных организмов. Это может вызвать дисбаланс в экосистеме и снизить биоразнообразие. Поэтому необходимо принимать меры для снижения теплового загрязнения водоемов, контролировать температуру сбрасываемой воды и использовать более эффективные методы охлаждения в промышленности.

Для снижения негативного воздействия технологических процессов электроэнергетики на окружающую среду можно использовать различные методы и технологии, такие как установка современных очистных сооружений, применение современных технологий производства, использование альтернативных источников энергии, проведение мониторинга выбросов вредных веществ и многое другое.

Кроме того, важно осуществлять контроль за соблюдением требований экологического законодательства, проводить регулярные экологические аудиты и обучать персонал по вопросам экологической безопасности.

Таким образом, при соблюдении всех необходимых мер и регуляций, электроэнергетика может значительно уменьшить свое воздействие на окружающую среду и способствовать сохранению ее ресурсов для будущих поколений.

Список литературы

1. Рахметова М.Т. Экологический аспект современной энергетики// *Научные труды SWorld*. – 2011. – Т.22, № 1. – С.90-92.
2. Федеральный закон № 7 от 10.01.2002 г. (ред. от 29.07.2017 г.) «Об охране окружающей среды».
3. Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96 ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ. ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОВРЕМЕННЫЕ ПАТЕНТНЫЕ РАЗРАБОТКИ АЛМАЗНЫХ БУРОВЫХ РАСШИРИТЕЛЕЙ

Ю.Е. Будюков, А.А. Буканов, В.И. Спирин, Т.Ю. Будюкова, Н.Е. Огнев
ООО «Дрил Смарт Сервис»,
г. Москва

***Аннотация.** В данной статье представлены современные изобретения и полезные модели расширителей в области алмазного бурения скважин различного назначения, рассмотрены ключевые тенденции и перспективные направления в плане создания эффективного калибрующего и стабилизирующего инструмента на основе патентной информации.*

Алмазный расширитель предназначен для расширения ствола скважины до стандартного диаметра и стабилизации его направления, и устанавливается в буровом снаряде между коронкой и колонковой трубой. Расширители, в основном, относятся к буровому инструменту, используемому при разведке скважинами месторождений на твёрдые полезные ископаемые и воду. На рынке предлагаются различные конструкции алмазных расширителей.

1. Патент РФ №2293170., 2007, «Расширитель» (авторы Шаповалов С.И., Целаки Ю.К., Корнилов Н.И., Осецкий А.И., Курочкин П.Н.), (рис.1- а).

Расширитель относится к буровому инструменту для бурения скважин на твёрдые полезные ископаемые и воду. Технический результат его применения: использование менее дефицитного и более дешёвого алмазного сырья, в том числе рекуперируемого, и за счёт увеличения концентрации истирающих в его штабиках повышение ресурса расширителя. Расширитель содержит стальной корпус, по периферии которого установлены с зазором между собой штабики со вставленными в них алмазами. Штабики выполнены спиральными в виде спечённой смеси дроблёного природного и синтетического алмазного сырья с карбидом вольфрама. При этом размер зёрен карбида вольфрама составляет 0,08-0,004 мм, а природных и синтетических алмазов в нижней и средней частях штабика соответственно: $-0,8+0,63$; $-0.63+0,5$ мм и в верхней части $-1,6+ 1,25$ мм, причём соотношение между природными и синтетическими алмазами составляет 60(50)-40(50) соответственно.

На рис.1-а представлен общий вид расширителя, он состоит из корпуса 1, с кольцевой проточкой 2 со сквозным отверстием 4, алмазосодержащего штабика 3, с резьбой 5 под колонковую трубу(не показано) и резьбой 6 под буровую коронку. Принцип работы этого расширителя при бурении заключается в следующем.

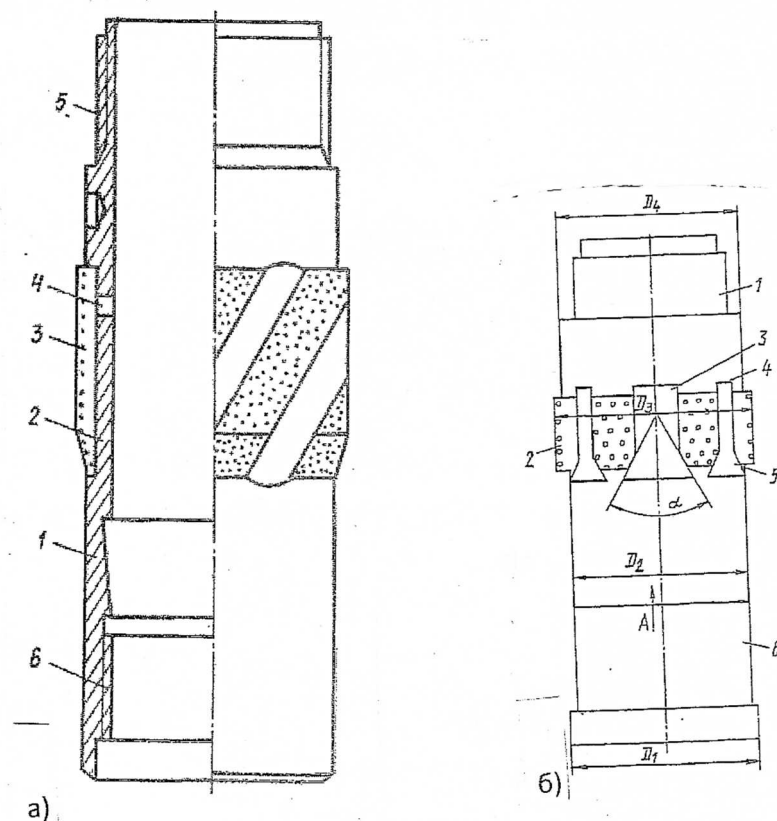


Рис. 1. Алмазные буровые расширители:
а) по патенту №2293170; б) по патенту №2152504

При бурении скважины под давлением насоса восходящий поток промывочной жидкости омывает корпус 1 расширителя в области резьбы 6, алмазосодержащего штабика 3, расположенного в кольцевой проточке 2 с отверстием 4, а также область резьбы 5 и выходит на устье скважины со взвешенным в нем буровым шламом, образовавшимся вследствие эффективного фрезерования расширителем ствола скважины. При этом происходит расширение ствола скважины до стандартного диаметра при его стабилизации.

2. Патент РФ №2152504, 2000, «Алмазный расширитель» (авторы: Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спирин В.И. и др.), (рис.1-б).

Алмазный расширитель применяется при бурении скважин на твердые полезные ископаемые и воду. Технический результат его применения: корпус алмазного расширителя по наружной поверхности выполняется ступенчатым так, что диаметр нижней ступени, соединяемой с корпусом буровой коронки, выбран не менее наружного диаметра корпуса коронки, а диаметр верхней ступени корпуса расширителя D_4 определяется по формуле:

$$D_4 = (D_3^2 - D_1^2 + D_2^2)^{1/2}, \quad (1)$$

где: D_1 – диаметр буровой коронки, мм;

D_2 – диаметр нижней ступени корпуса расширителя, мм;

D_3 – диаметр расширителя по алмазосодержащим штабикам, мм;

D_4 – диаметр верхней ступени корпуса расширителя, мм,

при этом входные кромки промывочных каналов выполнены коническими с острым углом α при вершине конуса.

Принцип работы предложенного расширителя заключается в следующем. Под давлением насоса восходящий поток промывочной жидкости от забоя движется в направлении стрелки А. Как показано на чертеже, на участке на нижней границе корпуса коронки 6 до границы алмазосодержащих штабиков неизменность скорости восходящего потока обеспечивается тем, что диаметр нижней ступени корпуса 1 расширителя выбран не менее наружного диаметра корпуса коронки. При вхождении потока жидкости в промывочные каналы 3 через входные кромки 5 в каналах благодаря выполнению входных кромок коническими с острым углом при вершине формируются компактные и стабильные струи жидкости, которые воздействуют на стенки скважины. Вследствие этого образующийся перед алмазами при работе расширителя породный шлам полностью смывается промывочной жидкостью и удаляется из зоны работы алмазосодержащих штабиков.

При движении потока через выходные кромки 4 из расширителя в кольцевом зазоре между корпусом расширителя и стенками скважины обеспечивается сохранение скорости течения потока жидкости благодаря тому, что верхняя ступень корпуса 1 расширителя имеет определённый по формуле диаметр D_4 , больший по величине, чем диаметр D_2 нижней ступени корпуса.

3. Патент РФ №2337 228, 01.02.2005г. «Алмазный расширитель», авторы Спирин В.И., Власюк В.И., Будюков Ю.Е. и др. (рис.2-а).

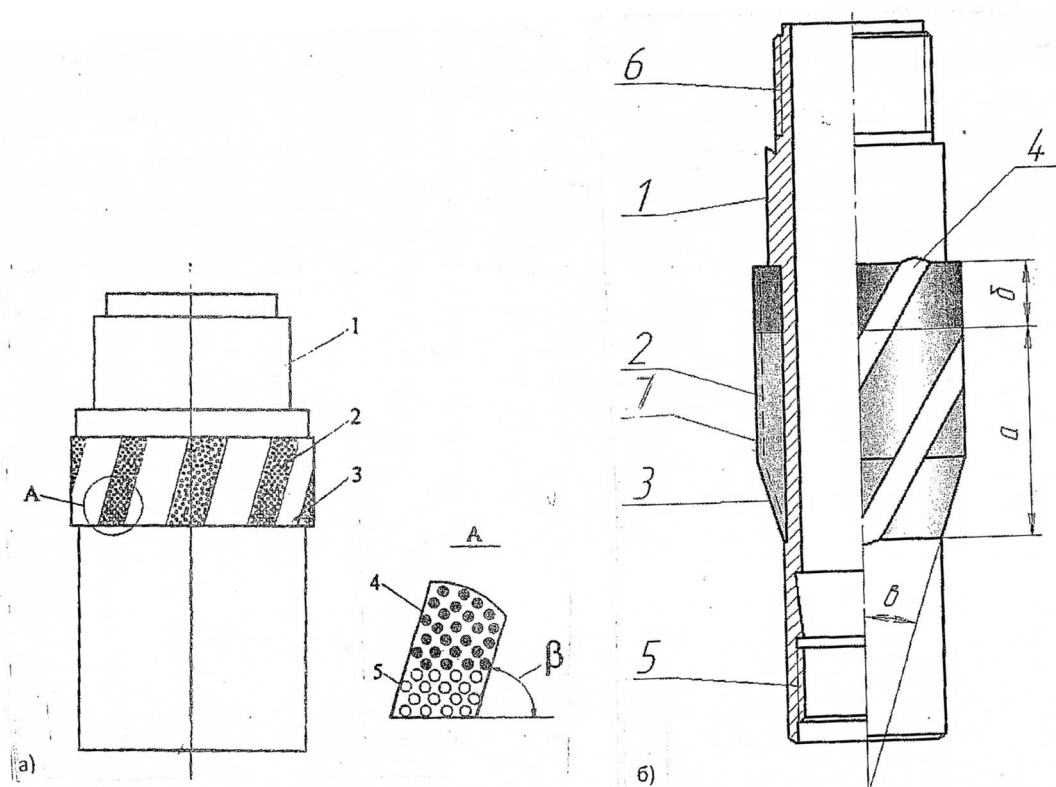


Рис. 2. Алмазные буровые расширители:
а) по патенту №2337228; б) по патенту №295902

Этот расширитель применяется при бурении скважин на твёрдые алмазные ископаемые и воду. Технический результат применения расширителя отличается тем, что образующие поверхностей наклонных каналов выполнены под углом β к плоскости торца расширителя определяемым из заданного соотношения, кроме того по высоте алмазосодержащий штабик делится на две части – нижнюю, обращённую к забою скважины, и верхнюю часть, расположенную над ней, причём нижняя часть армирована алмазами более высокой прочности по сравнению с алмазами, армирующими верхнюю часть алмазосодержащего штабика.

Принцип работы предложенного расширителя заключается в следующем. В процессе бурения алмазным расширителем под действием на корпус 1 осевой нагрузки и вращения осуществляется калибровка скважины штабиками 2, образовавшийся при этом шлам подхватывается турбулентным потоком благодаря рациональному углу β наклона образующей поверхности промывочного канала 3 к плоскости торца расширителя промывочной жидкости и с высокой скоростью эффективно выносится в кольцевой зазор между корпусом расширителя и скважины, вследствие чего уменьшается износ корпуса расширителя.

Поскольку наиболее нагруженные части 5 по сравнению с частями 4 алмазосодержащих штабиков 2 имеют усиленное алмазное вооружение, износ расширителя происходит равномерно по всей калибрующей поверхности, что обуславливает наряду с улучшением очистки шлама, повышение износостойкости расширителя в целом.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого технического решения заключается в повышении износостойкости алмазного расширителя.

4. Патент РФ на полезную модель №225902, 13.09.2023г. «Алмазный расширитель», авторы: Буканов А.А., Будюков Ю.Е., Спирин В.И. (рис.2-б).

Полезная модель относится к породоразрушающему инструменту, предназначенному для калибровки скважин в процессе вращательного бурения. Технический результат применения расширителя. Расширитель по высоте делится на две части-нижнюю – а, обращенную к забою и верхнюю – б, расположенную над нею. Алмазосодержащий штабик расширителя полностью армирован алмазами одного качества и по высоте разделен на нижнюю и верхние части в пропорции (0,8-0,7):(0,2-0,3), причем нижняя часть имеет большую концентрацию алмазов, чем его верхняя часть. При этом диаметр алмазного зерна определяется по зависимости:

$$D = kF / \Pi r p, \quad (2)$$

где D- диаметр алмазного зерна, м;

k- коэффициент сопротивления движению алмаза ($k = 1,05 - 1,15$);

F- разрушающая нагрузка на алмаз, Н;

Π - число пи;

r-предел текучести породы по штампу, МПа;

h- глубина внедрения алмаза, м;

а нижняя часть штабика выполнена с наклоном под углом β к оси расширителя. Принцип работы расширителя заключается в следующем. В процессе бурения алмазным расширителем под действием на корпус 1 осевой нагрузки и вращения осуществляется калибровка скважины алмазосодержащими с алмазами 7, оптимального диаметра, соответствующего физико-механическим свойствам буримых пород, штабиками 2 с наклоном 3 под углом β , способствующему плавному заходу работающего расширителя с резцами 5 и 6 в зауженную часть скважины, а образовавшийся буровой шлам подхватывается турбулентным потоком промывочной жидкости в наклонных каналах 4 и выносится в кольцевой зазор между корпусом расширителя и стенками скважины. При этом основная нагрузка при формировании диаметрального размера скважины приходится на нижнюю часть штабиков, имеющую большую концентрацию алмазов, чем верхняя часть, вследствие этого происходит равномерный износ расширителя по всей его рабочей поверхности, что обуславливает повышенную изностойкость алмазного расширителя. Предлагаемые патентные разработки обладают актуальностью и представляют значительный интерес в плане создания эффективного бурового калибрующего и стабилизирующего алмазного инструмента.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА МУСОРОСОРТИРОВОЧНОМ КОМПЛЕКСЕ

Т.А. Левина, В.Д. Лобов

Филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» в г. Губкине Белгородской области

***Аннотация.** Проанализировано современное состояние безопасности труда работников предприятий по сортировке/переработке бытовых отходов на основе исследований вредных и опасных факторов. Цель работы – гигиеническая оценка вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте оператора линии мусоросортировочного комплекса и выявления источников их формирования. Авторами осуществлена идентификация неблагоприятных факторов в рабочей зоне и проведены измерения как показателей микроклимата, так и химических и физических факторов, свидетельствующих об их комплексном влиянии на организм работающих. Проведен анализ причин, способствующих повышению заболеваний и травм на мусоросортировочном комплексе. Даны рекомендации по применению автоматизированной системы мониторинга за состоянием факторов микроклимата для обеспечения безопасных условий и охраны труда.*

***Ключевые слова:** безопасность труда; переработка отходов; вредные и опасные факторы, микроклимат.*

В настоящее время проблема управления твердыми коммунальными отходами (ТКО) во всем мире является одной из приоритетных, занимая второе место по затратам и инвестициям после сектора водоснабжения и канализации в системах городского, промышленного и сельского хозяйства. Динамика их роста

является угрожающей экономической проблемой: в развитых странах годовой рост составляет 0,3-0,8 т на одного человека, или 1,5-3,8 %. Ежегодно в мире образуется около 420 млрд т ТКО, объем которых постоянно. В мире количество ТКО составляет 1,5-4,5 млрд т в год [1].

Согласно докладу Минприроды РФ, на территории Российской Федерации на 2023 год было образовано около 46 млн т ТКО. Лидирующим по образованию ТКО стал ЦФО, где в 2023 году было образовано 30,3 % от общероссийского объема образования ТКО. Высокие значения показателя в ЦФО связаны с наибольшей численностью населения, по сравнению с другими федеральными округами [2].

Общее в количество обработанных ТКО в 2023 г. составило 53,4 % от общей массы образованных ТКО и лидирующим стал ЦФО, где в 2023 г. было обработано 46,6 % от общероссийского объема обработки ТКО.

Реформа системы обращения с ТКО, начатая в 2019 году, предполагает ряд правовых, организационных и тарифно-нормативных изменений. В рамках данной реформы планируется поэтапное внедрение отдельного накопления разных фракций ТКО образователями отходов – гражданами и юридическими лицами. Данная практика стала одним из инструментов реализации федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами». В частности, достижения целевого показателя – снижение к 2030 году доли ТКО, подлежащих захоронению на полигонах, до 50 % [3].

В 2024 году в рамках Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 326) и национального проекта «Экология» завершилась реализация федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами». [3,4].

Благодаря системным мерам государственной поддержки в стране появляется все больше новых предприятий по обработке и утилизации ТКО. На основании отчета НП «Экология» 2019-2024 введено в эксплуатацию 295 новых объектов, которые обеспечили увеличение мощностей по обработке (на 23,24 млн тонн): 81 объект по утилизации/обезвреживанию (на 7,57 млн тонн) и 24 объекта по безопасному размещению (на 6,15 млн тонн) [4].

При этом доли ТКО, отправляемых на обработку (сортировку) и утилизацию, возрастают, а на захоронение, на момент 2024 года, – уменьшается.

Организация отдельного сбора мусора предполагает модернизацию всех процессов, связанных с утилизацией, переработкой и транспортировкой ТКО. Реструктуризация коснулась всего: контейнерных баков, полигонов и мусоросортировочных предприятий.

Для эффективного обезвреживания отходов применяются технологии, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей природной среде, имеющие низкие капитальные затраты и позволяющие получать прибыль. Разнообразие отходов по химическому составу не позволяет создать универсальную технологию утилизации ТКО. Поэтому, путем создания

мусоросортировочного комплекса, который позволяет продлить срок эксплуатации городского полигона и сэкономить природные ресурсы за счет вторичного использования отходов.

Технологический процесс автоматической сортировки ТКО основан на использовании системы оптического сканирования, позволяющей извлечь различные материалы из смешанного или однородного потока отходов, учитывая физические и химические характеристики материала. Это позволяет осуществлять более качественный и полный отбор из общей массы поступающих на сортировку смешанных отходов полезных фракций, пригодных для переработки, одновременно подготовив их к дальнейшему технологическому процессу переработки.

Возможности машины автоматической сортировки включают в себя статистическое определение материала на входе, возможность переключения режимов сортировки, а также дополнительные функции управления и наблюдения за процессом сортировки с пульта управления.

Результатом автоматической сортировки является разделение сырьевых потоков по фракциям в зависимости от заданных параметров.

Однако, для обработки ТКО используются мусоросортировочные линии, которые состоят из сортировочного конвейера с оборудованными местами для ручной сортировки.

Сортировочная линия представлена ленточным конвейером, где операторы отбирают из общей массы мусора сырье, пригодное для вторичного использования. Рабочие ручной сортировки производят отбор предметов определенной морфологии и бросают их в сортировочные окна с откидными крышками. Поступающие отходы сбрасываются вручную в приемные ячейки, расположенные у каждого рабочего места.

Поступившие на сортировочный стол предметы имеют относительно равные размеры, что позволяет производить их удаление с максимальной производительностью и безопасностью для рабочего-сортировщика.

Основной целью нашего исследования является изучение и гигиеническая оценка опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора линии мусоросортировочного комплекса.

Анализ вредных и опасных факторов в процессе переработки ТКО на мусоросортировочном комплексе показал наличие производственных факторов, которые могут привести к травматизму, а при длительном воздействии и к профессиональным заболеваниям.

Основные факторы, спровоцировавшие травмы и заболевания, включают нарушения процессов при сортировке, обезвреживании и переработке отходов, а также игнорирование как норм промышленной безопасности, так и использования средств индивидуальной защиты. Кроме того, недостаточное внимание и дисциплина со стороны персонала повышает вероятность травм. Наиболее частые заболевания и травмы у работников мусоросортировочного комплекса: сочетанные инфекционные заболевания, паразитарные болезни, нарушения работы дыхательной системы, заболевания желудочно-кишечного

тракта, гнойные воспаления кожного покрова. Эти патологии можно связать с неблагоприятными условиями труда, такими как контакт с вредными веществами в закрытых пространствах, что является фактором канцерогенного риска, связанного с образованием летучих органических веществ.

Анализ причин травматизма и частых заболеваний на предприятиях по сортировке/переработке бытовых отходов показал, что примерно 35 % всех зафиксированных подобных случаев связаны с неблагоприятным микроклиматом рабочих мест – температура, относительная влажность, подвижность воздуха.

Основные показатели микроклимата производственной зоны (температура воздуха; температура рабочих поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения) должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

При изучении технологического процесса обработки ТКО с определением основных неблагоприятных производственных факторов выявлены источники их формирования. В цехах комплекса организован постоянный контроль за происходящими технологическими процессами с пультов управления. Регулярно проводится отбор проб воздуха в производственных помещениях для определения в них вредных газов.

Исследование факторов производственной среды включало измерение концентраций приоритетных химических веществ, присутствующих в воздухе рабочей зоны приемного отделения, линии ручной сортировки ТКО и цеха по переработке полимеров: аммиака, ацетальдегида, ксилола, метилмеркаптана, диоксида серы, сероводорода, спиртов, углеводов, фенола и пыли; уровней звукового давления и общей вибрации; параметров микроклимата; комплексное изучение условий труда (оценка тяжести и напряженности) рабочих.

Среднее значение температуры воздуха в теплый период года на основных рабочих местах линии ручной сортировки было 24,3 °С, в отделении приема и цехе по переработке полимеров, соответственно, 22,6 °С и 23,8 °С. В холодный же период года минимальное значение средней температуры воздуха рабочей зоны отмечалось в отделении приема ТКО, а максимальное – на линии ручной сортировки, соответственно 10,2 °С и 17,1 °С.

Учитывая конструктивные особенности здания мусоросортировочного комплекса, необходимо отметить, что в теплый период года на всех рабочих местах исследуемых рабочих зон температурный фактор соответствовал допустимым нормативным значениям, но в отдельные дни отмечалось значение температурных показателей существенно выше оптимальных или находились на предельно нижнем допустимом значении (в зависимости от температуры атмосферного воздуха).

Показатели относительной влажности в воздухе рабочей зоны исследуемых рабочих мест определились в пределах допустимых значений по всем величинам: средним, максимальным и минимальным значениям. Однако, периодически отмечалась высокая степень насыщения воздуха рабочей зоны

приемного отделения и линии ручной сортировки водяными парами вплоть до крайнего верхнего порога.

Результаты анализа микроклимата и выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны мусоросортировочного комплекса приведены на рисунке 1.

Показатели микроклимата	Рабочие зоны		
	Отделение приема	Линия ручной сортировки	Цех по переработке полимеров
Температура воздуха, °С: тепло/холод	22,6 / 10,2	24,3 / 16,1	23,8 / 16,3
Относительная влажность воздуха, %	В пределах допустимых значений: 40 – 70		
Подвижность воздуха, м/с	0,4–0,7		0,3
Освещенность, лк	40 – 70	60 – 80	100 – 120
Наличие вредных веществ, превышающих ПДК	Аммиак, сероводород, сернистый газ, фенол, ацетальдегид, акролеин, пыль		Фенол, акролеин, ацетальдегид, пыль
Технологическое оборудование и ограждающие поверхности в высокой степени загрязнены плесневыми грибами и бактериальной микрофлорой			

Рис. 1. Показатели микроклимата и вредных веществ в рабочих зонах

Подвижность воздуха в рабочей зоне, особенно линии ручной сортировки, выше допустимых значений данного показателя микроклимата: открытые технологические проемы, непрерывно работающее производственное оборудование – технологический процесс комплекса.

Учитывая условия трудового процесса, провели замеры искусственной освещенности в исследуемых рабочих зонах. Результаты замеров показали, что значения величины освещенности существенно ниже требуемых по установленным нормативам. Так, на линии ручной сортировки освещенность составляла в среднем 50 и 70 люксов, а в цехе по переработке полимеров показатель освещенности рабочих мест незначительно превышал 50 % от требуемой нормы.

Специфика технологического процесса мусоросортировочного комплекса требует высокого напряжения как зрительного анализатора, так и быстроты реакции движений и действий, а в условиях недостаточной освещенности рабочей зоны велика вероятность производственного травматизма и, как следствие, повышенный уровень профессиональных заболеваний.

При приеме, сортировке и первичной переработке ТКО в воздух рабочей зоны поступают вредные химические вещества, как в виде отдельных комплексов, изначально содержащихся в бытовых отходах, так и образующихся в процессе транспортировки, сортировки и их переработки. Следует отметить, что содержание значительного количества химических веществ и соединений не превышало нормативных предельно допустимых концентраций для воздуха рабочих мест. Исключение составила линия ручной сортировки, что возможно пояснить наличием технологических проемов, через которые постоянно осуществляется воздухообмен с другими производственными участками и, как следствие, высокая степень разбавления вредных веществ и соединений, поступающих в воздух рабочей зоны.

На линии ручной сортировки сборщиками вторсырья осуществляется ручная сортировка мусора, то есть удаление битого стекла, алюминиевых банок, пластмассы, тряпок, костей, резины и др. Качество такой сортировки очень низкое, так как технология не предусматривает удаление или нейтрализацию токсичных отходов.

Поэтому именно рабочая зона линии ручной сортировки оказалась наиболее неблагоприятным участком исследования, на котором довольно часто отмечалось превышение ПДК вредных химических соединений. Особенно часто превышения допустимых концентраций в воздухе фиксировались по фенолу, аммиаку, сероводороду, ацетальдегиду и сернистому газу.

В то же время на всех местах измерений отмечалось превышение ПДК по акролеину, что связано с работой технологических агрегатов, использующих смазочные вещества, подвергающиеся процессу деструкции при эксплуатации оборудования.

На всех изученных рабочих местах отмечалось превышение ПДК пыли. Наиболее выраженным данный фактор был в цехе по переработке полимеров, где концентрации пыли достигали в отдельные моменты измерений $11,2 \text{ мг/м}^3$ на рабочем месте оператора установки. Среднее же содержание пыли на исследуемых участках отмечалось незначительно ниже – до $10,4 \text{ мг/м}^3$.

Одним из этапов исследования явился анализ обшемикробной обсемененности рабочих поверхностей технологического оборудования и ограждающих поверхностей изучаемых рабочих зон комплекса. Основная задача данного этапа заключалась в оценке биологического фактора, способного участвовать в формировании заболеваемости рабочих.

При обращении с отходами производства и потребления важное значение имеет определение их токсичности и опасности. Оценка опасности летучих компонентов, содержащихся в отходах, свидетельствует о незначительном количестве и малой опасности газообразных примесей в исследуемых отходах, и соответствует 3 классу токсичности и опасности.

Следует отметить, повсеместно отмечались высокие уровни воздействия не одного, а нескольких факторов, что свидетельствует об их комплексном влиянии на организм работающих.

Для снижения травматизма и заболеваний была предложена система автоматического контроля за состоянием микроклимата и вредных производственных факторов на рабочих мусоросортировочного комплекса.

Выводы

Изученный нами технологический процесс сортировки/переработки ТКО позволяет провести гигиеническую оценку комплекса неблагоприятных факторов на предприятии, как: дискомфортный охлаждающий, особенно в холодный период года, микроклимат с температурами воздуха на отдельных рабочих местах $10,2\text{--}10,6^\circ\text{C}$; наличие в воздухе рабочей зоны токсических химических веществ и пыли, средние концентрации которой в ряде случаев превышали ПДК в 1,5–2 раза.

По показателям вредности и опасности факторов производственной среды

условия труда лиц основных профессий на предприятиях по переработке твердых бытовых отходов классифицируются как вредные третьего класса второй степени.

Причинами неблагоприятных условий труда является многостадийность и гигиеническое несовершенство некоторых технологических операций, требующих применение ручного труда, и неудовлетворительное санитарно-бытовое обеспечение работающих.

Для оптимизации условий труда рабочих мусоросортировочного комплекса предложена система автоматического контроля за состоянием микроклимата, которая позволит на основе собираемых данных своевременно и оперативно производить измерения показателей опасных и вредных факторов в рабочих зонах в режиме реального времени, в результате чего появляется возможность оценить влияние ОВПФ и оптимизировать условия труда на данном производстве.

Список литературы

1. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России / С.В. Шилкина // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020. – №1. – URL статьи: <https://resources.today/PDF/05ECOR120.pdf>
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. – М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. – 707 с.
3. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 02.12.2020 N 40 «Об утверждении санитарных правил СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [Электронный ресурс]. URL: (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2020 N 61893). <https://base.garant.ru/400151942/>
4. Об итогах реализации национального проекта «Экология» 2019-2024. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/np_ecology/

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПОЧВУ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Т.А. Левина

Филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» в г. Губкине Белгородской области

Аннотация. Интенсивное развитие железорудной промышленности в бассейне Курской магнитной аномалии, наряду с укреплением сырьевой базы страны, создает экологические проблемы. Открытый способ производства приводит к отторжению значительных площадей сельскохозяйственных и лесных угодий в связи с возникновением карьеров, отвалов пустой породы, хвостохранилищ. Для воспроизводства природных ресурсов осуществляется рекультивация почв, как устранение последствий их разрушения и загрязнения, предупреждение и снижение вредного воздействия на земельные ресурсы. В

работе использовали методы исследования на основе современной технологии очистки почв от тяжелых металлов с помощью растений.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, техногенное воздействие, фиторемедиаторы.

Уровень техногенного загрязнения почв и растительного покрова в зоне действия горнопромышленного комплекса в основном связан с газопылевыми выбросами при технологических процессах производства, пылением хвостохранилищ, складов готовой продукции и отвалов пустых пород, выбросами вредных веществ технологического транспорта. Нарушенные земли становятся очагами загрязнения воздуха, воды и почв, прилегающих территорий, ухудшают санитарно-гигиенические условия жизни населения. В результате нарушений происходят ухудшение гидрологического и гидрогеологического режимов окружающей местности, усыхание и гибель насаждений на прилегающих к промышленным разработкам территориях.

Основная масса техногенно рассеянных металлов, хотя и выбрасывается в воздух, очень быстро поступает на поверхность почвы. Именно в почве аккумулируются металлы-загрязнители и здесь начинается их дифференциация. Значительная часть металлов включается в почвообразовательный процесс, некоторая же часть поглощается растительностью и выносится с поверхностными и грунтовыми стоками. Рассеивание техногенных выбросов в атмосфере и последующее выпадение их на поверхность путем гравитационного осаждения или выпадение с осадками приводит к формированию в почвенном покрове техногенных аномалий, характерная их особенность быстрое убывание концентрации загрязнителей от источника к периферии.

При этом почва является индикатором загрязнения, так как она долгосрочно сохраняет информацию о среде и отражает стабильное многолетнее накопление загрязнителей. Соответственно, загрязняются и растительный покров как агроландшафтов, так и природных фитоценозов.

Другой путь появления техногенных геохимических аномалий – накопление отходов производства. При ведении любых технологических процессов горного производства природная среда загрязняется отходами, общее свойство которых – большая комплексность состава элементов-загрязнителей. В числе примесей постоянно наблюдаются элементы, отрицательно влияющие на биоту – медь, свинец, кадмий, хром.

Ведущим горнопромышленным объектом Курской магнитной аномалии в Белгородской области являются Старооскольский и Губкинский районы. Основными источниками загрязнения природных сред, включая земли сельскохозяйственного назначения и населенных пунктов, являются Лебединский и Стойленский горно-обогатительные комбинаты. В данном районе формируется особый ландшафт, который можно охарактеризовать как антропогенную геохимическую аномалию, где на смену природному пришел искусственный техногенный ландшафт, представленный отвалами вскрышных пород и хвостохранилищами отходов обогащения, что приводит к трансформации природных циклов миграции химических элементов.

Цель данной работы состояла в оценке экологического состояния почвы и растительности в зоне функционирования Лебединского горнообогатительного комбината и содержания тяжелых металлов в растениях на хвостохранилище в зависимости от мощности рекультивационного слоя или его отсутствия.

В рамках исследований были поставлены задачи: оценить закономерности пространственного варьирования и установить характер статистического распределения содержания тяжелых металлов в почвах и растениях сельскохозяйственных культур техногенного ландшафта на основе современной технологии – фиторемедиации.

В качестве объектов исследования выбраны: 1) почвенный покров и зерновые сельскохозяйственные культуры, попадающие в зону техногенного влияния; 2) фиторемедиаторы (растительные культуры), применяемые на рекультивируемом хвостохранилище.

Основные методы исследования: полевой отбор почвенных и растительных образцов на различном расстоянии от источника загрязнения и метод химического анализа. Содержание валовых форм тяжелых металлов определяли методом спектрометрии. В образцах были определены концентрации следующих элементов: медь, железо, цинк, марганец, свинец, кадмий, хром, никель.

Результаты статистической обработки мониторинговых данных по содержанию тяжелых металлов в почвах, удаленных на разном расстоянии от источника загрязнения, представлены в табл. 1.

Пахотный слой зональных черноземов, испытывающих слабое техногенное воздействие, содержит 4,3 % железосодержащих минералов. Вокруг центра промышленного узла содержание железа в пахотном слое черноземных почв увеличивается в отдельных образцах до 6 %, что свидетельствует о некотором ожелезнении пахотного горизонта чернозема.

Региональной особенностью чернозема является большая окарбоначенность, т.е. он обладает повышенным окислительно-восстановительным потенциалом, что также способствует переводу микроэлементов в труднодоступные для растений формы.

Таблица 1

Валовое содержание металлов в почвах

Расстояние от источника загрязнения, км	Содержание химических элементов, мг/кг сухой массы					
	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
6,0	19	30700	59	522	18	0.33
6,5	23	33500	60	499	22	0.49
7,5	22	32900	63	553	9	0.28
8,0	18	28000	58	585	18	0.21
9,0	12	29200	58	467	11	0.33
16,0	26	28700	61	519	23	0.19
ОДК	55	-	100	1500	32	3
ФОН (40 км к западу от источника загрязнения)	9	30000	48	480	7	0.35

Для определения тяжелых металлов в растениях различных культур были отобраны образцы зерна и соломы ярового ячменя и корнеплодов кормовой свеклы на агропредприятиях, расположенных в зоне влияния горнопромышленного комплекса (в зависимости от расстояния от источника загрязнения). Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание химических элементов в растениях сельскохозяйственных культур

Расстояние от источника загрязнения, км	Культура	Содержание химических элементов, мг/кг				
		Cu	Fe	Zn	Pb	Mn
МДУ		20-40	250	60-100	1-5	60-70
1,0	Ячмень (зерно)	2,4	117	11,7	23,6	14,3
	Ячмень (солома)	7,3	500	27,3	13,5	13,7
	Свекла кормовая (корнеплоды)	5,9	310	31,1	2,8	44,9
2,0 – 7,0	Ячмень (зерно)	13,1	123	13,8	9,5	13,8
	Ячмень (солома)	7,3	252	27,3	3,2	15,2
	Свекла кормовая (корнеплоды)	6,1	238	23,8	2,2	37,4
7,0 – 15,0	Ячмень (зерно)	2,5	126	12,6	5,8	15,4
	Ячмень (солома)	7,0	100	15,0	0,6	15,0
	Свекла кормовая (корнеплоды)	4,5	154	6,6	0,8	28,5

Согласно приведенным данным содержания тяжелых металлов в зоне влияния Лебединского ГОКа следует, что зоны максимального загрязнения почв тяжелыми металлами не совпадают с расположением источников пылевых выбросов комбината и с основными направлениями ветров данной территории.

Многолетний анализ показывает, что концентрации большинства тяжелых металлов в почвенном покрове не превышают фоновых по району и ориентировочно допустимых. Поэтому, говорить о загрязнении территории тяжелыми металлами в результате пылевых выбросов исключительно горнодобывающего комплекса неправомерно [1].

Причинами отсутствия загрязнения почв тяжелыми металлами в зоне влияния горнопромышленного комплекса могут быть и другие обстоятельства, так одновременно с накоплением металлов в почвенном слое происходит их вынос в процессе поверхностной водной эрозии вод. В процессе инфильтрации тяжелые металлы перемещаются в более глубокие слои почвы, происходит вынос их с сельскохозяйственной продукцией.

Отходы горнорудного производства, «хвосты обогащения» или шламы, укладываются в понижения рельефа, образуя специфичные породные отвалы-хвостохранилища. Большие площади хвостохранилищ являются постоянными источниками загрязнения воздушного и водного бассейнов, а также окружающих почв.

Химический состав хвостов обогащения зависит от технологии их пере-

работки и исходного сырья. В хвостах обогащения железосодержащих минералов – 13-16 %, а в отдельных пробах – до 26 %. По сравнению с зональными почвами хвосты обогащения содержат цинка в 1,5-3,0 раза больше, чем черноземы. Отмечается повышенное содержание меди, марганца, хрома, свинца, бериллия [1].

Благодаря сложившемуся типу обмена веществ растения избирательно поглощают преимущественно необходимые им элементы в количествах, соответствующих их физиологических и биохимических потребностях. Однако, вероятны случаи вынужденного поступления необходимых им элементов в количествах, токсичных для их развития. И связано это с биологическими особенностями вида растений и условиями его произрастания. Например, злаковые зерновые имеют минимум три защитных барьера на границе почва-корень, корень-стебель, стебель-зерно (табл. 3). У других растений защитные барьеры отсутствуют.

Таблица 3

Содержание химических элементов в растительных культурах, выращенных на рекультивируемом хвостохранилище в зависимости от мощности рекультивационного слоя

Способы рекультивации	Фиторемедиаторы (растительная культура)	Содержание химического элемента (мг/кг корма)					
		Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
МДУ		250	60-70	20-40	60-100	-	-
хвосты обогащения	люцерна синегибридная (сено)	2218	22,8	7,0	10,8	3,1	16,4
хвосты + 0,2 м чернозема		1291	21,7	4,8	12,4	2,8	3,0
хвосты + 0,4 м чернозема		1239	13,7	3,7	8,8	1,8	5,5
хвосты + 0,5 м суглинка		1200	14,2	6,0	13,0	2,1	11,0
хвосты + 0,4 м суглинка + 0,1 м чернозема		988	14,7	6,0	12,0	2,0	10,0
хвосты + 0,3 м суглинка + 0,3 м чернозема		1410	13,8	5,0	8,8	1,2	26,9
хвосты + 0,5 м суглинка + 0,4 м чернозема	люцерна (корни)	1974	136,6	5,4	15,0	2,4	60,5
	эспарцет (сено)	322	10,0	10,2	11,0	1,0	5,7
	клевер (сено)	848	13,3	10,3	11,5	1,4	11,8
	люцерна желтая (сено)	513	8,8	12,2	11,1	1,4	4,4

При накоплении тяжелых металлов в растениях они концентрируются прежде всего в вегетативной массе растений, а затем в репродуктивных, гибель же растений наступает при содержании элементов в почве выше ПДК [2]. Поэтому единственным критерием возможности выращивания растений является анализ содержания тяжелых металлов в вегетативных и репродуктивных органах растений. Растительная продукция в зоне влияния промышленных выбросов загрязняется не только путем поглощения химических элементов из почв, но и за счет прямого осаждения продуктов выброса на

поверхности растений. Это особенно опасно для тех культур, у которых используется наземная зеленая масса.

Следует отметить, что содержание химических элементов зависит от вида растений. Люцерна синегибридная больше всего накапливает в вегетативной массе такие элементы как железо и свинец. Клеверное сено содержит большое количество меди и хрома, а эспарцет содержит наименьшее количество железа по сравнению с другими видами бобовых трав. В корнях люцерны синегибридной содержится большое количество марганца и хрома. Это говорит о наличии геохимического барьера в люцерне на границе корень-стебель, однако, этот барьер не срабатывает по отношению к таким элементам как железо, медь, цинк, свинец.

Выводы

1. Содержание тяжелых металлов в зерновой продукции не превышают максимально-допустимый уровень по большинству элементов, за исключением свинца: в зерне ярового ячменя наблюдалось превышение концентрации свинца в урожае, полученном на расстоянии 1-7 км. В результате промышленных выбросов горнодобывающих предприятий, а также при пылении хвостов обогащения в радиусе 2 км формируется техногенная геохимическая аномалия с повышенным содержанием железа, меди, цинка и свинца.

2. Наибольшее количество элементов накапливается в растениях-фиторе медиаторах при малой мощности рекультивационного слоя или его отсутствия. Особенно это заметно по накоплению железа в наземной массе люцерны, содержание которого превышает максимально допустимые в 10 раз. Кроме того, люцерна, выращенная на хвостах обогащения, содержит в наземной части повышенное количество свинца и марганца. Увеличение рекультивационного слоя до 0,5 м суглинка для люцерны снижает накопление железа в два раза, а на 0,9 м (0,5 м суглинка + 0,4 м насыпного чернозема) – в 4 раза и в 6 раз для эспарцета. При этом содержание меди и свинца снижается, до концентрации близкой к нормальной.

Список литературы

1. Левина Т.А. Роль мониторинговых исследований загрязнения почв тяжелыми металлами в оценке продуктивности сельскохозяйственных угодий / Т.А. Левина, Т.Ю. Серпуховитина // Тезисы докладов X Международная научная конференция молодых ученых «Молодые – Научкам о Земле» 31 марта 2022 г. – М.: Издательство РГГУ им. Серго Орджоникидзе, 2022; (VII): 204-208.

2. Derkach N., Levina T., Solodukhina O., Okorokov A., Rastorguev A. / Agroecological peculiarities of technogenic pollution of soils and vegetation in the impact zone of Lebedinsky mining and processing enterprise // X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024). E3S Web of Conferences 548, 01008 (2024). Published online 12 July 2024 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454801008>

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ В БИОТЕХНОЛОГИИ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А.С. Ступин

Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева,
г. Рязань

***Аннотация.** В статье рассмотрено взаимодействие фитогормонов в растениях. Показано влияние фитогормонов на рост и развитие растений в культуре in vitro. Регуляторы роста применяют в растениеводстве. Использование регуляторов роста помогает оптимизировать развитие растений, улучшить урожайность и повысить устойчивость культур к различным внешним воздействиям.*

Фитогормоны играют ключевую роль в интеграции физиологических процессов, обеспечивая согласованную реакцию растения на изменения условий внешней среды. Изменение параметров среды обитания – освещённости, температуры, водного режима, минерального питания – сопровождается перестройкой гормонального баланса, при котором усиливается синтез одних гормонов и снижается образование других.

Физиологическая активность фитогормонов реализуется посредством взаимодействия с клетками-мишенями, обладающими определённой компетентностью – способностью избирательно воспринимать конкретный гормон. Клеточная компетентность определяется наличием специфических белков-рецепторов, которые образуют с гормонами активные гормон-рецепторные комплексы, запускающие каскад метаболических реакций [1].

Регуляция роста и развития растений осуществляется двумя основными механизмами:

1. Изменением концентрации гормона, что может приводить как к стимуляции, так и к ингибированию физиологических процессов;
2. Взаимодействием между различными фитогормонами, которое носит характер синергизма или антагонизма.

В зависимости от концентрации один и тот же гормон способен вызывать противоположные эффекты. Так, при низких концентрациях ауксины стимулируют корнеобразование, а при высоких – индуцируют каллусогенез. Аналогичные закономерности отмечены и для других групп фитогормонов, что свидетельствует о высокой чувствительности гормональной регуляции к внутреннему балансу регуляторов роста.

Синергизм фитогормонов представляет собой положительное взаимодействие, при котором действие одного гормона усиливает эффект другого. Так, ауксины и цитокинины проявляют синергетический эффект при формировании проводящих тканей, в процессах пробуждения почек и дифференциации клеток. Их совместное действие обеспечивает гармоничное соотношение между ростом надземных и подземных органов растения [2].

Антагонизм фитогормонов, напротив, заключается в противоположной направленности их физиологических эффектов. Например, ауксины подавляют

развитие боковых побегов, обеспечивая апикальное доминирование, тогда как цитокинины снимают этот эффект, стимулируя рост латеральных побегов. Антагонистические отношения характерны и для гиббереллинов с этиленом: гиббереллины стимулируют удлинение стебля, а этилен, напротив, ингибирует продольный рост и способствует утолщению тканей.

Таким образом, физиологическая активность фитогормонов определяется не только их индивидуальными свойствами, но и соотношением концентраций в тканях растения. Комплексное взаимодействие гормонов формирует динамическую регуляторную систему, обеспечивающую адаптацию растения к изменяющимся условиям среды и оптимизацию продукционного процесса.

Гормональный статус растения представляет собой динамическое соотношение эндогенных регуляторов роста на различных этапах онтогенеза, определяющее характер протекания морфогенетических и физиологических процессов. Этот статус изменяется под влиянием как внутренних факторов (генетические и возрастные особенности), так и внешних – условий среды и технологических воздействий. Одним из наиболее эффективных способов управлять гормональным балансом является применение экзогенных регуляторов роста, что особенно актуально при культивировании тканей и органов растений *in vitro*.

В условиях *in vitro* гормональный статус клеток и тканей приобретает решающее значение, поскольку именно он определяет направление и интенсивность морфогенетических процессов. Успешность регенерации растений из эксплантов напрямую зависит от исходного уровня фитогормонов в органах-донорах и от соотношения экзогенных регуляторов в питательной среде.

В практике биотехнологии наиболее широко применяются следующие регуляторы роста:

Ауксины: индолил-3-уксусная кислота (ИУК), нафтилуксусная кислота (НУК), индолилмасляная кислота (ИМК), 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д).

Их физиологическая активность возрастает в ряду: ИУК < НУК < ИМК < 2,4-Д. Низкие концентрации ауксинов стимулируют корнеобразование, тогда как высокие – индуцируют каллусообразование и дедифференцировку клеток. Наиболее активный ауксин 2,4-Д способен вызывать каллусогенез и даже генетические мутации, что требует строгого дозирования.

Цитокинины: аденин, кинетин, 6-бензиламинопурин (6-БАП), зеатин, 2-изопентиладенин (2-ИП). Используются в концентрациях 1-10 мг/л и индуцируют деление клеток, образование боковых побегов, а также замедляют процессы старения тканей в культуре.

Гиббереллины: применяются реже, чаще всего гибберелловая кислота (ГК₃). Они активируют прорастание изолированных зародышей и семян, выводят растения из состояния покоя, но могут ингибировать образование придаточных органов, что ограничивает их использование в регенерации.

Абсцизовая кислота: используется для регулирования процессов дифференциации и накопления запасных веществ, а также для индукции образования

микрোকлубней у картофеля.

Этилен: в замкнутых культуральных сосудах может накапливаться в результате выделения растительными тканями. При высоких концентрациях он ингибирует рост и морфогенез, что требует аэрации и контроля газовой фазы.

Брассиностероиды: активизируют процессы регенерации и адаптации культур тканей. Среди них наибольшую активность проявляет эпибрассинолид, широко применяемый в форме препарата «Эпин». Он используется как антистрессовый агент, повышающий устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, и как стимулятор роста при микрোকлональном размножении [3].

Таким образом, регуляторы роста в культуре *in vitro* являются ключевым инструментом направленного управления морфогенезом и развитием растений. Правильный подбор и соотношение гормональных компонентов питательной среды позволяют получать устойчивые регенеранты, сохраняющие сортовые признаки и демонстрирующие повышенную адаптивность к стрессовым условиям.

В современном растениеводстве использование экзогенных регуляторов роста является одним из наиболее эффективных инструментов управления физиологическим состоянием растений, их адаптацией к стрессовым условиям и повышением продуктивности. Применение таких соединений позволяет целенаправленно регулировать ростовые процессы, ускорять формирование урожая, улучшать качество продукции и повышать устойчивость культур к биотическим и абиотическим факторам среды [4].

Регуляторы роста, вводимые в растение извне, активизируют метаболические процессы, усиливают синтез белков и ферментов, повышают интенсивность фотосинтеза и транспирации, регулируют водный режим и проницаемость клеточных мембран. Эффективность их применения зависит от физиологического состояния растения, фазы онтогенеза, внешних условий и концентрации используемого препарата.

Основные направления применения регуляторов роста

Использование регуляторов роста в растениеводстве охватывает широкий спектр задач, включая: ускорение или замедление роста и развития растений; регуляцию корнеобразования и дифференциации тканей; управление процессами цветения, опыления и плодообразования; повышение стрессоустойчивости к засухе, заморозкам, засолению, патогенам; улучшение лежкости и сохранности урожая; регуляцию сроков созревания и опадения листьев (дефолиацию).

Одним из наиболее перспективных направлений является использование регуляторов роста для повышения адаптивного потенциала растений. Применение брассиностероидов (в частности препарата «Эпин»).

Этилен и его производные применяются для управляемой дефолиации, облегчая уборку урожая и ускоряя вызревание древесины многолетних культур. В отличие от жестких химических дефолиантов, этилен вызывает естественное опадание листьев без повреждения тканей. Эффективен при обработке плодовых, ягодных и декоративных культур (яблоня, груша, слива, смородина, роза и др.).

Этилен используется также для ускорения созревания плодов. В герметичных камерах поддерживают концентрацию этилена в воздухе 1:2000-1:5000 при температуре 18-22 °С и влажности 85%. За 2-3 суток зелёные плоды равномерно созревают, сохраняя вкусовые и питательные качества.

Физиологическая устойчивость растений к стрессам напрямую связана с их гормональным статусом. Препараты, повышающие уровень брассино-стероидов, цитокининов и абсцизовой кислоты, усиливают адаптационные механизмы и устойчивость к неблагоприятным воздействиям. [5].

Таким образом, применение регуляторов роста в растениеводстве открывает широкие возможности для направленного управления продукционным процессом. Грамотное использование фитогормонов и их синтетических аналогов позволяет оптимизировать ростовые процессы, повысить урожайность и качество продукции, а также обеспечить адаптивную устойчивость культур в изменяющихся условиях среды.

Список литературы

1. Шаповал О.А. эффективность применения синтетических регуляторов роста класса цитокининов на сельскохозяйственных культурах / О.А. Шаповал, И.П. Можарова, А.А. Коршунов // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 38-42.

2. Шаповал О.А. Ауксин и эффективность применения синтетических регуляторов роста класса ауксинов в период корнеобразования сельскохозяйственных и декоративных культур / О.А. Шаповал, И.П. Можарова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 6(384). – С. 79-83.

3. Вакуленко В.В. Эпин-Экстра, Циркон и Силиплант повысят качество урожая / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2017. – № 3. – С. 34.

4. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2015. – № 2. – С. 13-15.

5. Нефедьева Е.Э. Роль фитогормонов в регуляции прорастания семян / Е.Э. Нефедьева, С.Л. Белопухов, В.В. Верхотуров, В.И. Лысак // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2013. – № 1(4). – С. 61-66.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В НАСЫПИ ЗИМОЙ

В.И. Коннов, В.Ф. Юдина

Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита

Аннотация. В работе оценен общий тепловой поток t_m в насыпях зимой в Забайкалье. Прочностные характеристики этих линейных сооружений в холодный период года полностью зависят от рассмотренных в статье формул. На основании закона распределения температуры грунта установлена величина теплового потока, поступающего к границе промерзания, получено уравнение баланса тепла на границе поверхности «грунт-воздух». Из

этого уравнения определена формула, позволяющая установить глубину промерзания грунта земляного полотна.

Ключевые слова: параметры насыпи, температура в теле сооружения, мерзлая зона, баланс тепла, объемная теплоемкость грунта.

Общий тепловой поток t_M в насыпи можно определить, используя формулу (1).

$$t_M = \beta + \theta \ln r, \quad (1)$$

где β и θ – назначение коэффициентов, используя граничные условия $r = b$ и $r = a$:

$$\begin{aligned} \frac{dt_M}{dr} + \mu[t_M - (t_\Gamma - t_{\text{в03}})] &= 0, \quad r = b \\ t_M = t_Z = 0, \quad r &= a \end{aligned} \quad (2)$$

где δ – коэффициент, который определяется по формуле:

$$\delta = 1/\Omega, \quad (3)$$

где Ω – эквивалентный слой, необходимый для соблюдения условий теплоизоляции поверхности насыпи:

$$\delta = \lambda_M \left(\frac{1}{k} + \sum_1^n \frac{l_0}{\lambda_0} \right). \quad (4)$$

где λ_M – коэффициент, характеризующий теплопроводность насыпи в зимний период, ккал/м³·ч·град; k – коэффициент, характеризующий потери тепла на границе «поверхность-воздух»; принимается $k = 20$ ккал/м³·ч·град; l_0 – высота поверхностного слоя насыпи, м; λ_0 – установленные коэффициенты теплопроводности для каждого слоя насыпи, ккал/м³·ч·град; t_Γ – температура верхнего слоя насыпи на начало ее промерзания, °С.

Формулу (1) подставим в (2). Получим формулу общего теплового потока t_M в мерзлой насыпи:

$$t_M = \frac{\delta b \ln(r/a)(t_\Gamma - t_{\text{в03}})}{1 - \delta b \ln(a/b)}, \quad (5)$$

Определяем величину теплового потока, поступающего к границе промерзания $q = \left(\lambda_M \frac{\partial t_M}{\partial r} \right)_{r=a}$ (использован закон распределения теплового потока в мерзлых слоях насыпи). Составляем формулу баланса тепла на границе «талый грунт – промерзший грунт насыпи» [1-5]:

$$\lambda_M \delta b (t_\Gamma - t_{\text{в03}}) / a \left[1 - \delta b \ln(a/b) \right] = -(Q_0 + 0,5 c_M t_{\text{в03}}) \frac{\partial a}{\partial t} \quad (6)$$

где c_M – объемная теплоемкость насыпи зимой, ккал/м³·град.

Из формулы (6) выразим глубину промерзания насыпи $h_{\text{пр}}$:

$$h_{\text{пр}} = b - a, \quad (7)$$

где b определяется по формуле (8). Она характеризует размеры поперечного профиля насыпи.

$$b = \frac{B^2 + 4H^2}{8H}. \quad (8)$$

Величина a определяется по формуле:

$$\frac{4\lambda_M r(t_{\Gamma} - t_{\text{воз}})}{Q_0 + 0,5c_M t_{\text{воз}}} = 2a^2 n\left(\frac{a}{b}\right) - a^2 - \frac{2a^2}{\delta b} + (2 + \delta b) \frac{b}{\delta}. \quad (9)$$

где общая объемная теплоемкость грунта насыпи зимой Q_0 , ккал/м³·град определяется по формуле:

$$Q_0 = 80\gamma_{\text{ск}} i \frac{W}{100} \quad (10)$$

где $\gamma_{\text{ск}}$ – объемный вес скелета грунта насыпи; i – льдистость промерзшего грунта насыпи (для песка $i = 1$, для суглинка легкого $i = 0,9$; для суглинка тяжелого $i = 0,8$; для глины $i = 0,7$); W – влажность грунта насыпи, %.

Список литературы

1. Качество жизни населения и экология: монография / Под общ. ред. Л.Н. Семерковой. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 140 с. – Текст: непосредственный.
2. Ельчанинов Е.А. Мероприятия по снижению пучения и осадки грунтов оснований горных и природоохранных сооружений в Забайкалье / Е.А. Ельчанинов [и др.] – Текст: непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 86-91.
3. Алексеев В.Р. Основные итоги изучения наледей на территории Сибири и Дальнего Востока / В.Р. Алексеев, Н.Ф. Савко, А.И. Сизиков. – Текст: непосредственный // Зап. Забайкальского филиала Геогр. Об-ва СССР. – Чита, вып. 92, 1973. – С. 7-98.
4. Экологическая и техносферная безопасность. Научно-прикладные задачи и решения: монография / под общ. ред. Научного совета ГНИИ «Нацразвитие». – СПб: ГНИИ «Нацразвитие», 2024. – 80 с. ISBN 978-5-00213-407-6 DOI 10.37539/240704.2024.56.58.001
5. Данильченко С.Л. Развитие российской социально-экономической системы: вызовы и перспективы: монография / С.Л. Данильченко, А.Н. Фомичев, В.Н. Круглов [и др.]; гл. ред. Э.В. Фомин; Чувашиский государственный институт культуры и искусств. – Чебоксары: Среда, 2024. – 200 с. ISBN 978-5-907830-14-1. DOI 10.31483/a-10584

СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КАВИТАЦИИ И КОАГУЛЯЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

А.А. Гусев¹, Р.Ф. Витковская¹, Т.М. Нестерова¹, Т.М. Портнова²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,

² ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Традиционные подходы и технологии водоподготовки не всегда эффективны в отношении сложных загрязнений, которые возникают в результате природных изменений условий окружающей среды, а также антропогенной нагрузки. В связи с этим применение инновационных методов очистки природных вод позволяет решать актуальные экологические и технические задачи, повышать эффективность и экологичность водных систем.

Ключевые слова: водоснабжение, кавитация, природные воды, коагуляция.

подавляющее большинство источников водоснабжения как поверхностных, так и подземных не отвечают требованиям санитарно-гигиенического законодательства. Деятельность ресурсоснабжающих организаций в области очистки природных вод направлена на доведение показателей и свойств исходного сырья до требуемого уровня, соответствующего нормативным требованиям. В свою очередь реализация различных технологий влечет за собой образование сточных вод, шламовых отходов и прочих загрязнений, наносящих вред окружающей среде и, требующих качественной утилизации.

Кавитационная обработка воды представляет собой безреагентный метод очистки, основанный на образовании пузырьков, возникающих при высоком давлении, в результате чего происходит разделение молекул воды на радикалы и дальнейшее окисление. Это позволяет получать нерастворимые соединения широкого спектра, далее выпадающие в осадок [1].

Коагуляционная обработка воды приводит к укрупнению мельчайших коллоидных и диспергированных частиц, вследствие их взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения. В качестве коагулянтов чаще всего применяют соединения железа и алюминия, образующие в результате физико-химических превращений и гидролиза нерастворимые гидроксиды [2].

В связи с тем, что кавитационный метод в зависимости от качества исходных вод может требовать применение реагентов, было принято решение о проведении исследований эффективности технологии очистки воды поверхностного источника за счет совместного применения методов кавитации и коагуляции.

Оценка эффективности очистки природных вод поверхностного источника за счет совместного применения технологий кавитационной и коагуляционной обработки проводилась на сооружениях водоподготовки г. Североморск. Озерная вода источника характеризуется следующими показателями:

- цветность от 35 до 55 градусов;
- мутность от 0,58 до 1,00 мг/дм³;
- рН от 6,3 до 6,9 единиц;
- железо общее от 0,3 до 0,4 мг/дм³;
- перманганатная окисляемость от 6,1 до 7,3 мгО/дм³.

На объекте установлены 4 технологические линии, каждая состоит из 6 аппаратов кавитационной обработки Аэромаг. Расход воды на каждой линии составляет 62,5 м³/ч. В качестве реагента применяется полиоксихлорид алюминия с концентрацией 18 %.

Исследования эффективности очистки проводились как в части выбора оптимальной дозы коагулянта, так и в части оценки одновременной работы линий при разных дозировках реагента.

Из рисунка 1 следует, что увеличение дозы полиоксихлорида приводит к снижению цветности обрабатываемой воды. Минимальная доза для обеспечения качества очищенной воды на выходе на уровне не более 20 градусов [3] составила 3,6 мг/дм³. В результате анализа обработанной воды по показателю «мутность» сделан вывод о значительном повышении мутности по сравнению с исходным качеством в результате процесса образования флокул, обусловленного действием коагулянта.

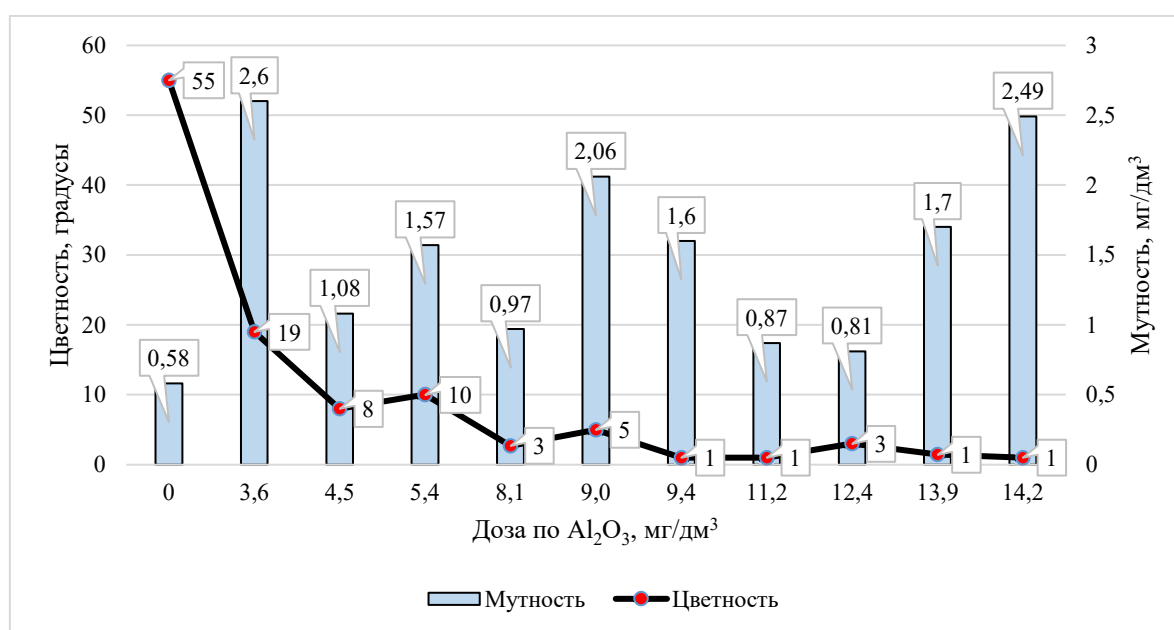


Рис. 1. Изменение значений показателей «цветность» и «мутность» в воде на выходе технологической линии после введения коагулянта

Исследования оценки общей работы технологических линий проводились по результатам анализа проб воды общего фильтрата на ВНС. Результаты исследований представлены на рисунках 2 и 3. Для обеспечения качества воды по показателю «мутность» необходима работа не более 3 технологических линий, на которые организовано дозирование коагулянта. При этом повышение эффективности снижения цветности очищенной воды наблюдается в результате увеличения числа технологических линий с коагулянтом и повышения доз реагента.

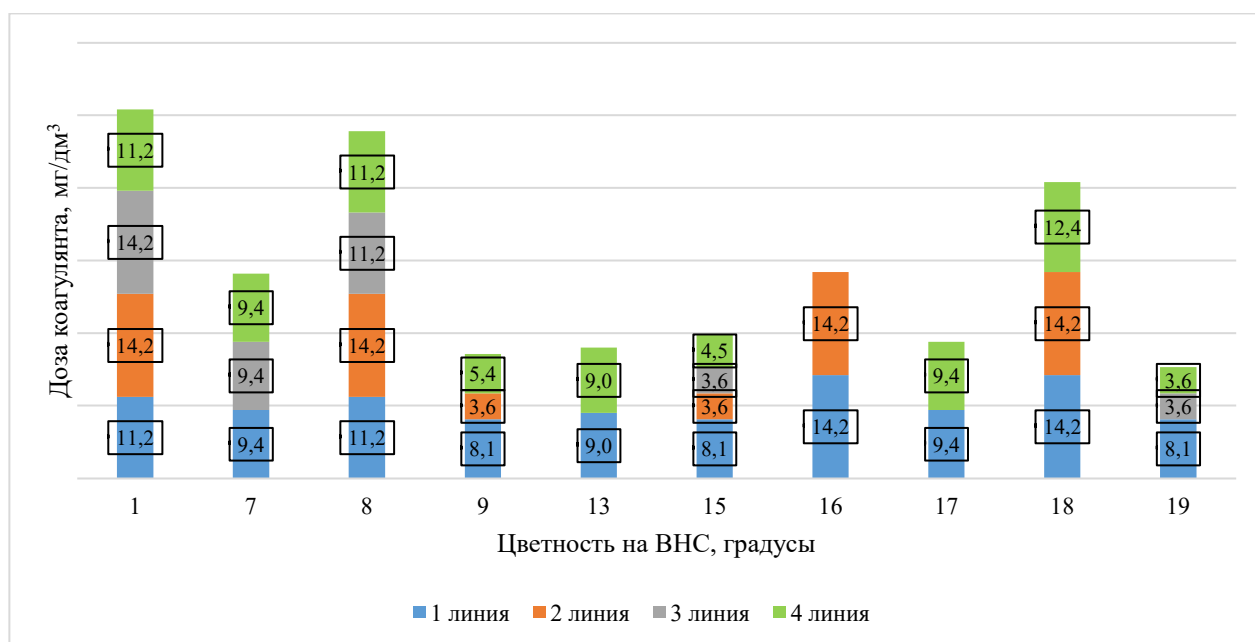


Рис. 2. Изменение значений показателя «цветность» в воде общего фильтрата на выходе с сооружений в зависимости от количества линий с коагулянтom (общее число работающих линий во всех случаях – 4)

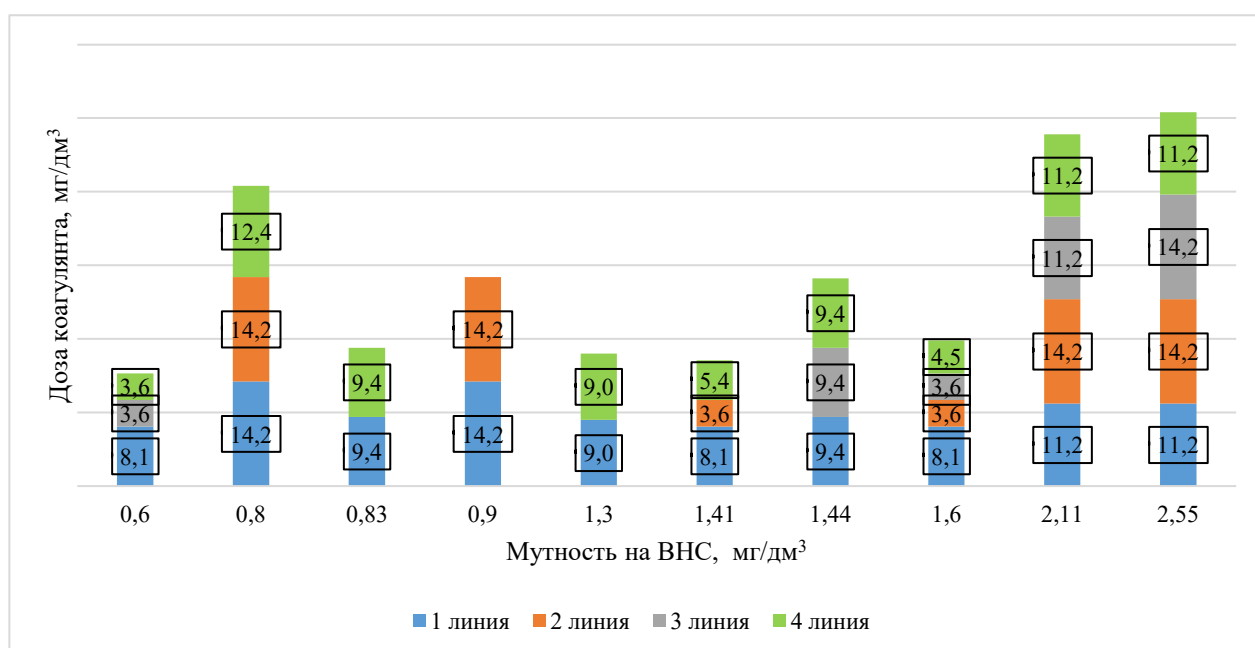


Рис. 3. Изменение значений показателя «мутность» в воде общего фильтрата на выходе с сооружений в зависимости от количества линий с коагулянтom (общее число работающих линий во всех случаях – 4)

На данном этапе испытаний оптимальным может быть признан режим, при котором в работе находятся две технологические линии с коагулянтom с дозами $9,0 \text{ мг/дм}^3$ и две без коагулянта либо три линии с коагулянтom с дозами $5,4 \text{ мг/дм}^3$, $3,6 \text{ мг/дм}^3$ и $8,1 \text{ мг/дм}^3$ и одна без коагулянта. Соотношение цветность/мутность в первом случае составила $13 \text{ градусов/}1,3 \text{ мг/дм}^3$, во втором – $9 \text{ градусов/}1,41 \text{ мг/дм}^3$.

Список литературы

1. Гусев А.А. Кавитационный метод обработки прмывных вод фильтровальных сооружений в условиях низких температур / А.А. Гусев, Р.Ф. Витковская, Т.М. Нестерова, Т.М. Портнова // Приоритетные направления развития науки и технологии. Доклады XXXII международной научно-практической конференции. – Тула: Из-во ТулГУ, 2024. – С. 81-84.
2. Николадзе Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – Москва: Стройиздат, 1995. – 693 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: санитарные правила и нормы: текст с изменениями на 30 декабря 2022 года: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Главного санитарного врача Российской Федерации № 2 от 28 января 2021 года: дата введения 2021-03-01. – Москва, ЦентрМАГ, 2025. – 712 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ АММИАКА В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

В.Н. Захаров, И.И. Кузнецова, Д.Ю. Культин, О.К. Лебедева, Д.О. Чаркин,
В.В. Чернышев, Л.А. Асланов, Л.М. Кустов
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Химический факультет,
г. Москва

Аннотация. В статье испытаны методы для скрининга ковалентных триазиновых каркасов с целью усиления каталитической эффективности востребованной в зеленой химии электрохимической реакции синтеза аммиака из нитратов.

Ключевые слова: ковалентные триазиновые каркасы (CTF), микроволновый синтез (MW), электрохимическая реакция восстановления нитратов (NO_3RR), электрокатализ, экологическая (зеленая) химия.

Требования зеленой химии диктуют следующие условия для будущего эффективного синтеза аммиака, который должен заменить энергоемкий процесс Габера-Боша:

- процесс должен происходить при так называемых нормальных условиях (ambient conditions - в мировой литературе)
- энергия, затрачиваемая для реализации процесса, должна быть экологически чистой.

Этим условиям соответствуют электрокаталитические и фотокаталитические реакции. Электрокаталитическим процессам в настоящее время уделяется наибольшее внимание. Для синтеза аммиака могут быть применимы следующие три реакции:



$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + \text{катодный ток на электрокатализаторе} \rightarrow \text{NH}_3 (\text{NO}_3\text{RR})$.

Целевой реакцией может служить NRR, в то время как NO_3RR может служить модельной для поиска эффективных катализаторов, вследствие несложности исполнения и высокой точности определения концентрации продукта после проведения процесса.

С целью быстрого скрининга состава подходящего электрокатализатора нами предложен комплексный подход, включающий синтез гибридного рабочего электрода, способ уменьшения гидрофобности поверхности и электролиз при контролируемом токе. Результатом является получение значений FE – Фарадеевской эффективности (выхода по току), которое можно считать основной характеристикой эффективности NO_3RR .

Ковалентные триазиновые каркасы (CTF) являются в настоящее время одними из самых перспективных компонентов для создания эффективных электрокатализаторов как NRR, так и NO_3RR как модельного процесса. На примере CTF-1 нами опробован описанный выше подход для быстрого скрининга состава подходящего электрокатализатора.

Соединение подслоя 2,4-бис([1,1'-дифенил]-4-ил)-6-гидрокси-1,3,5-триазин синтезировали в микроволновом реакторе в н-октане по реакции Фриделя-Крафтса [1]. Экспериментальные данные (элементный анализ и ИК-спектр) позволили предположить структуру, указанную на рис. 1.

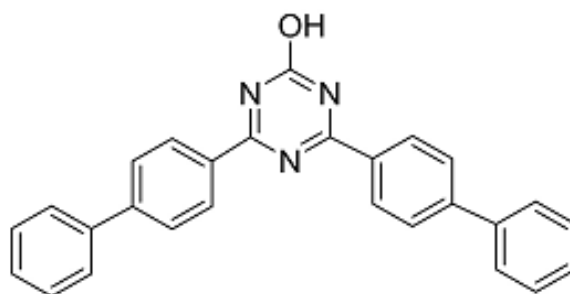


Рис. 1. Структура 2,4-бис([1,1'-дифенил]-4-ил)-6-гидрокси-1,3,5-триазина

Адгезионное соединение CTF-1 синтезировали методом ионотермической циклотримеризации, катализируемой ZnCl_2 [2]. Часть препарата обрабатывали ультразвуком в течение 1 часа. Химический состав препарата, полученного обработкой ультразвуком, ближе к теоретическому, в сравнении с составом препарата, не обработанного ультразвуком (табл. 1).

Таблица 1
Элементные характеристики препарата CTF-1

Элементный состав CTF-1, $\text{C}_{12}\text{N}_3\text{H}_6$	C, %	N, %	H, %	Отношение C/N
Согласно теории	75,00	21,87	3,13	3,43
Экспериментальный препарат, обработка с ультразвуком	71,88	20,68	3,18	3,47
Экспериментальный препарат, обработка без ультразвука	69,10	16,58	3,57	4,17

Обе порошкограммы (верхняя и нижняя кривые – рис. 2) хорошо соответствуют данным для CTF-1, представленным Куном с соавторами в 2008 г. [2]. Несмотря на плохую кристалличность образцов, подгонка по Поули [3] с помощью программы MRUA [4] в пространственной группе $R6/mmm$ позволила нам получить приблизительные значения параметров гексагональной элементарной ячейки и рассчитанные положения основных пиков для каждого образца (табл. 2).

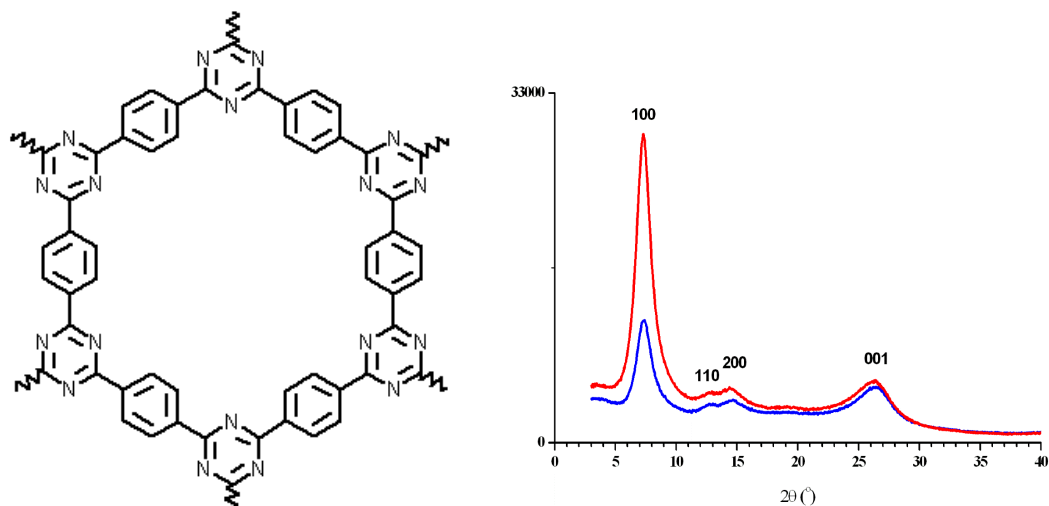


Рис. 2. Фрагмент структуры CTF (слева) и рентгенограмма порошка CTF-1 (справа): нижняя кривая CTF-1 исходный, верхняя кривая– CTF-1_УЗ после обработки ультразвуком

Таблица 2

Размеры элементарных ячеек и вычисленные положения (2θ , °) основных пиков

	CTF-1	CTF-1 УЗ	<i>hkl</i>	CTF-1	CTF-1 УЗ
$a = b$, Å	13.79(2)	13.91(2)	1 0 0	7.38	7.32
c , Å	3.377(14)	3.399(13)	1 1 0	12.80	12.70
			2 0 0	14.79	14.66
			0 0 1	26.36	26.19

В работе был использован электролит состава 12 ммоль/л NaNO_3 в фоне 0,05 моль/л Na_2SO_4 . Применялась трехэлектродная ячейка, где рабочим был исследуемый гибридный электрод, противоэлектродом – графитовая пластина и электродом сравнения Ag/AgCl , пересчитываемый на значения ОВЭ. Процесс NO_3RR происходил при постоянной плотности тока 0,2 mA/cm^2 в течение 1 часа. После чего проводили анализ проб на синтезированный аммиак при помощи индофенольного метода. Концентрация аммиака была использована для определения Фарадеевской эффективности процесса, которая рассчитывалась по формуле:

$$FE(\text{NH}_3) = \frac{8 \times F \times n(\text{NH}_3)}{Q},$$

где $n(\text{NH}_3)$ обозначает количество (моль) NH_3 ; F – постоянная Фарадея (96 485 С моль⁻¹); Q – общий заряд, прошедший через электрод, n – количество переносов электронов (n), необходимых для образования 1 моля аммиака.

Испытанный модельный катализатор содержал подслои из соединения триазины, основной адгезионный слой СТФ-1_УЗ и нанесенные на него наночастицы кластеров меди. Электрохимическими методами получено значение Фарадеевской эффективности ($\text{EF}=14\%$), что является следующим шагом авторов работы [1]. В ней впервые показано, что каталитическая активность образца с триазиновым слоем и без него одинаковая, но адгезионный слой сообщает электрокатализатору превосходную устойчивость в процессе NO_3RR . Ранее в работе [5] опробована совокупность методов (физико-химических и электрохимических), позволяющих всесторонне изучить образцы и предсказать их свойства.

Выполненное исследование показало эффективность предложенного экспресс-подхода и будет использовано для дальнейшего изучения СТФ других типов, не только в качестве компонент более сложных катализаторов, но и как самостоятельные электрокатализаторы указанных реакций, не содержащие металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проектов-госзадания № АААА-А21-122040600057-3 и № АААА-А21-121011590083-9. Микроволновый синтез образца подслоя выполнен на установке NOVA 2S (KHP).

Список литературы

1. *Green synthesis of the triazine derivatives and their application for the benign electrocatalytic reaction of nitrate reduction to ammonia / O. Lebedeva, V. Zakharov, I. I. Kuznetsova et al. // Chemistry – A European Journal. – 2024. – Vol. 30. – P. e202402075.*
2. *Porous, covalent triazine-based frameworks prepared by ionothermal synthesis / P. Kuhn, M. Antonietti, A. Thomas // Angew. Chem. Int. Ed.: – 2008. – Vol. 47. – P. 3450-3453.*
3. *Unit-cell refinement from powder diffraction scans / G.S. Pawley // J. Appl. Crystallogr. – 1981. – Vol. 14. – P. 357-361.*
4. *MR1A - a program for a full profile analysis of powder multiphase neutron-diffraction time-of-flight (direct and Fourier) spectra / V.B. Zlokazov, V.V. Chernyshev // J. Appl. Crystallogr. – 1992. – Vol 25 – P. 447-451.*
5. *Enhancing efficiency of nitrate reduction to ammonia by Fe and Cu nanoparticle-based bimetallic electrocatalyst / I. I. Kuznetsova, O. Lebedeva, D. Kultin et al. // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol. 25, no. 13. – P. 7089.*

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОМИКРОБНЫХ
ПРОИЗВОДНЫХ РАЗВЕТВЛЕННОГО
ОЛИГГЛЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ.
СООБЩЕНИЕ 2*. ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ В ЛЕЧЕБНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЯХ ПРОТИВ ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ
С МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ**

И.В. Богунова¹, И.П. Седишев¹, Г.П. Степанова²

¹ РТУ МИРЭА, ИТХТ им. М.В. Ломоносова,

² ГНЦ РФ – ИМБП РАН,

г. Москва

***Аннотация.** В представленной работе проведен анализ перспектив применения биоцидных солей разветвленного олигогексаметиленгуанидина (ОГМГ) для замкнутых систем. В качестве последних выбраны лечебные учреждения и, прежде всего, стационары, для которых проанализирована информация по заселенности патогенными микроорганизмами, в том числе, с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ). Оценено методом последовательных разбавлений для солей ОГМГ с алифатическими кислотами значение МИК в пределах 0,5-5,0 мкг/мл для наиболее типичных патогенных микроорганизмов. Для солей ОГМГ с производными салициловых кислот методом МТТ получено значение МИК около 1 мкг/мл в отношении *M. smegmatis*.*

В настоящее время во всем мире отмечается рост заболеваемости инфекционными болезнями, регистрируются различные эпидемии. Наблюдается тенденция более массового распространения и усложнения патологий вирусной и бактериальной природы. Достаточно упомянуть ситуацию с COVID-19 и туберкулезом. Усугубляет эту ситуацию также формирование механизмов резистентности у патогенных микроорганизмов (ПМ). Совокупность этих факторов делает необходимым поиск перспективного класса веществ, которые способны преодолеть сформированные механизмы устойчивости и обеспечить безопасное и эффективное лечение [2]. Кажется невероятным, что эта проблема распространяется не только на планете Земля, но и «захватывает» космическое пространство [3,4]. Так среди 12 554 различных видов микроорганизмов, включая археи в очень низкой численности, выяснено что доля видов, которые тесно связаны с известными человеческими патогенами, находится на одном уровне с аналогичными искусственными средами на Земле [5], поэтому некоторые подходы и наработки вполне могут применяться и в земных замкнутых системах.

Более тяжелая ситуация возникает для внутрибольничных инфекций.

*-Сообщение 1 – см. [1]

С одной стороны, лечебные учреждения (ЛУ) существенно более открытые системы, чем космические объекты для проникновения ПМ. Более того, сами задачи, которые решают эти учреждения, предполагают постоянное пополнение носителями ПМ, а дополнительные меры по организации инфекционных отделений не всегда достигают результата. С другой стороны, пациентами ЛУ

становятся больные с пониженным иммунитетом, что усиливает опасность распространения инфекций. К такой категории относятся больные с хроническими заболеваниями, старшей возрастной группы и новорожденные. Проблема инфекционной защиты ЛУ не нова и требует постоянного контроля, что отражается и в появлении учебников, которые характеризуют уровень риска и опыт по применению наиболее эффективных мер устранения таких чрезвычайных ситуаций [6].

Перспективными соединениями для решения данной проблемы контроля патогенных микроорганизмов являются производные полигуанидина [7]. Такое решение, прежде всего, в области «экологии человека» закономерно связано с отдельными аспектами его деятельности - во многих отраслях народного хозяйства, в т.ч. сельском хозяйством, очисткой и обеззараживанием воды, защитой материалов и другими направлениями, связанными с контролем или полным уничтожением микроорганизмов. Вместе с тем, этот класс соединений успешно применяется в гальванотехнике, оптико-механической промышленности, захоронении радиоактивных отходов и других направлениях, где в качестве основных полезных свойств выступают уже не «антибактериальные», что не мешает решать частные проблемы «экологии человека» [7,8].

Более 15 лет нами проводятся систематические исследования эффективности и безопасности производных разветвленного олигогексаметиленгуанидина (ОГМГ) и подтверждено отсутствие резистентности к нему ПМ [9]. При сравнительной оценке полученных данных антимикробной активности гидросукцината ОГМГ (ОГМГсук) с антисептиками аналогичного действия, представлены в табл.1. видно, что эффективность исследуемых препаратов схожа с октенидином, применяемым в медицине. Для подавления роста *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* требуются более высокие концентрации хлоргексидина, чем аналогичные по воздействию концентрации ОГМГсук.

Таблица 1

Сравнительная антибактериальная активность антисептиков и ОГМГ сук

Препарат	МПК (мкг/мл)			
	<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Октенидин	1,0	1,0	2,0	3,9
Хлоргексидин	0,2	0,5	15,6	15,6
Хлоргексидин диацетат	1,0 - 2,0	4,0	-	-
Алексидин	0,5	2,0	31,3	15,6
ОГМГсук.	0,5	2,0	1,0	4,0

Так же МБК ОГМГсук лежит в диапазон 0,125-8,0 мкг/мл. Экспериментальные данные доказывают быстрое действие солей ОГМГ в отношении клинических изолятов *Candida tropicalis* 30.1.9, *Candida albicans* 608М, *Candida kruzei* 600М и в отношении контрольных штаммов *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *E.Coli* ATCC 2592, *S.aureus* ATCC 2921, *S.aureus*

(MRSA) ATCC 43300. На сегодняшний день одной из наиболее опасных внутрибольничных инфекций признан именно метициллин-резистентный золотистый стафилококк (MRSA). По официальным данным, количество случаев заражения *S. aureus* (MRSA) растет, как и значительно увеличилось число смертей, вызванных осложнениями [10]. По сути, MRSA представляет собой разновидность *S. aureus*, приобретшую множественную лекарственную устойчивость (МЛУ) к одному или нескольким видам антибиотиков. На сегодняшний день известно 17 штаммов MRSA *S. aureus* [11]. Еще одно направление связано с приемом антибиотиков – как до, так и во время госпитализации – бессистемное их применение, которое может провоцировать развитие устойчивости не только у патогенной, но и у собственной (эндогенной) микрофлоры человека. Особенно остро эта проблема проявляется в хирургических и ожоговых отделениях, где, наряду с золотистым и эпидермальным стафилококками, частыми возбудителями остаются стрептококки, синегнойная палочка и энтеробактерии [3].

Возвращаясь к перспективам применения, следует отметить спороцидность ОГМГ, так раствор ОГМГсук обладает более выраженным спороцидным эффектом по отношению к *Aspergillus niger*, чем большинство противогрибковых препаратов. Губительное воздействие в отношении *Aspergillus niger* оказывает экспозиция в течение 5 и 1 минуты (для растворов ОГМГсук 0,05 и 0,2 % соответственно). Растворы ОГМГсук 0,5 % полностью дезактивировали короновирус SARS-CoV-2 в воде за 2-5 мин, а на поверхности бумаги и нержавеющей стали за 1-2 мин, тогда как без этого воздействия вирус оставался заразным в воде до 9 суток, а на указанных поверхностях до 4 суток [12].

В задачу исследований входило изучение влияния ОГМГсук на микробную пленку *Pseudomonas aeruginosa*, микроорганизма, наиболее часто образующего биопленки как на биологических, так и на других поверхностях, наряду со *Staphylococcus aureus* и грибов *Candida spp.*

Результаты изучения влияния ОГМГсук. на способность разрушать сформированные микробные пленки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Плотность биопленки *Pseudomonas aeruginosa* после воздействия ОГМГсук в сравнении с контролем (без воздействия).

Концентрация, %	Снижение плотности биопленки от контроля, %
0,05	33,2
0,20	36, 2

Из приведенных данных видно, что все исследованные концентрации ОГМГсук приводят к деструкции сформированной микробной пленки *P. aeruginosa*. Из полученных данных можно сделать вывод, что биологическое действие значительно усиливается при воздействии ОГМГ в виде соли гидросульфата.

Вместе с тем, далеко не все микроорганизмы одинаково легко подавляются производными ОГМГ [13]. Другим направлением, позволяющим не только увеличить эффективность препарата, но и сохранить уровень его безопасности стало получение солей ОГМГ с различными бензойными кислотами. В этом случае отмечается вполне отчетливое явление синергизма, когда активности ни ароматической кислоты, ни солей ОГМГ с алифатическими кислотами, в отличие от соли ОГМГ с такими кислотами, которые становятся эффективны против более опасных микроорганизмов [2,8,13]. Наиболее наглядный пример с микобактериями, которые имеют липидно-восковую оболочку, кроме того, крайне высокая резистентность заставляет искать более эффективные препараты в отношении *Mycobacterium tuberculosis*. Собственно, именно для этого возбудителя отмечена МЛУ, более того, лечение туберкулеза производится препаратами первого ряда (для больных с впервые выявленным заболеванием), а в отсутствии эффективности лечения, применяются препараты второго ряда. В качестве более безопасной модели для исследования использовалась культура *Mycobacterium smegmatis*. Соли ОГМГ с бензойной кислотой (БК), салициловой (СК) и сульфосалициловой кислотами (ССК), а еще в большей степени с пара-аминосалициловой кислотой (ПАСК) и пара-тиоуреидосалициловой кислотой (ТУСК). И если ПАСК используется в качестве противотуберкулезного препарата и от соли ОГМГ-ПАСК вполне можно ожидать аналогичного эффекта, то ОГМГ-ТУСК не только обладала большей активностью по сравнению с ОГМГ-ПАСК, но и отличалась устойчивостью к окислению и пролонгированным эффектом. Так, значения МИК в отношении *Mycobacterium smegmatis* для ОГМГ-ПАСК составили 1,50 мкг/мл, а для ОГМГ-ТУСК 0,80 мкг/мл. Кроме того, в обоих случаях не наблюдалось восстановление культуры даже после 14 суток контроля.

Таким образом, имеются очевидные перспективы по применению производных ОГМГ для замкнутых лечебных учреждений.

Список литературы

1. Д.А. Медведев *Перспективы применения противомикробных производных разветвленного олигогексаметиленгуанидина в замкнутых системах. Сообщение 1. Проблемы патогенных микроорганизмов на международной космической станции* / Д.А. Медведев, И.П. Седишев, Г.П. Степанова / *Современные проблемы экологии: сб. докладов по материалам XXXIII Всерос. науч.-практич. конф./ под общ. Ред. В.М. Панарина; техн. ред. Н.Н. Жукова, Л.П. Путилина.* – Тула: Изд-во ТулГУ, 2025. – С.108-111.

2. Иванов И.С. *Метод получения олигогексаметиленгуанидиновых солей высокой очистки* / И.С. Иванов, Д.О. Шаталов, С.А. Кедик, И.П. Седишев, С.В. Беляков, К.Н. Трачук, В.В. Комарова // *Тонк. Хим. Технол.* – 2020. – 15(3). – 31-38. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2020-15-3-31-38>.

3. Цыганков О.С. *Исследования мелкодисперсной среды на внешней поверхности международной космической станции в эксперименте «ТЕСТ»* / О.С. Цыганков, Т.В. Гребенникова, Е.А. Дешевая, В.Б. Лапшин, М.А. Морозова,

Н.Д. Новикова, Н.А. Поликарпов, А.В. Сыроешкин, Е.В. Шубралова, В.А. Шувалов // *Космическая техника и технологии*. – 2015. – №1 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-melkodispersnoy-sredy-na-vneshney-poverhnosti-mezhdunarodnoy-kosmicheskoy-stantsii-v-eksperimente-test-obnaruzheny> (дата обращения: 22.11.2024).

4. Novikova N, Boever P De, Poddubko S, Deshevaya E, Polikarpov N, Rakova N, Coninx I, Mergeay M. Survey of environmental biocontamination on board the international space station // *Research in Microbiology*. 2006.157:5–12 DOI10.1016/j.resmic.2005.07.010.

5. Maule J., Wainwright N., Steele A., Monaco L., Morris H., Gunter D., Damon M, Wells M. Rapid culture-independent microbial analysis aboard the international space station (ISS) // *Astrobiology*. 2009. 9:759–775 DOI 10.1089/ast.2008.0319.

6. Инфекционная безопасность в медицинской организации. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи (ИСМП): учебно-методическое пособие для обучающихся по направлениям медицинского образования [Электронный ресурс] / А.А. Тимошевский – Электрон. текстовые дан. – М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2023. – 50 с. – URL: <https://niiroz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/metodicheskie-posobiya/> (дата обращения: 22.09.2025).

7. Воинцева И.И. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И.И. Воинцева, П.А. Гембицкий. – М.: Изд-во «ЛКМ-пресс». 2009. – 304 с., 77 табл., 36 рис. ISBN 978-5-9901286-2-0.

8. Lisowski M.D., Korobova E.V., Naumova A.O., Sedishev I.P., Markova A.A., Nguyen M.T, Kuzmin V.A., Nichugovskiy A.I., Arlyapov V.A., Yashtulov N.A. and Melnikov P.V. Oligohexamethylene Guanidine Derivative as a Means to Prevent Biological Fouling of a Polymer-Based Composite Optical Oxygen Sensor // *Polymers* 2023, 15, 4508. <https://doi.org/10.3390/polym15234508>.

9. Кедик С.А. Структура и молекулярно-массовые характеристики гидрохлоридов олигогексаметилен-гуанидинов / С.А. Кедик, О.А. Бочарова, Ха Кам Ань, А.В. Панов, И.П. Седишев, Е.С. Жаворонок, Г.И. Тимофеева, В.В. Сулов, С.Г. Бексаев // *Хим.фарм.ж.*, 2010. – № 10. – С.40-45.

10. Pålman LI., Manoharan L., Aspelund AS. Divergent airway microbiomes in lung transplant recipients with or without pulmonary infection // *Respir Res.* – 2021 – Vol.22 – N.1 – P.118; PMID:33892717.

11. Jones S.U., Chua K.H., Chew C.H., Yeo C.C., Abdullah F.H., Othman N., Kee B.P., Puah S.M. Diversity of methicillin-resistant and -susceptible *Staphylococcus aureus* in clinical strains from Malaysia: a high prevalence of invasive European spa-type t032. // *PeerJ.* – 2021. – Vol9. – NNULL - p.e11195; PMID:33889447.

12. Небесный К.А. Подбор условий для проведения ионообменной хроматографии с целью получения очищенных концентратов коронавируса SARS-CoV-2 / К.А. Небесный, А.А. Ковпак, Н.В. Яковлев, Д.И. Дмитричков, И.П. Седишев/ Приоритетные направления развития науки и технологий: сб. докладов по материалам XXXV Межд. науч.-практич. конф. / под общ. Ред. В.М. Панарина; техн. ред. Н.Н. Жукова, Л.П. Путилина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – С.181-183.

13. Senchikhin I.N., Merkulova M.S., Sedishev I.P., Grammatikova N.E., Uryupina O. Ya., Urodkova E.K., and Zhavoronok E. S. Epoxy-Amine Systems with Reactive Guanidine Derivatives // Polymer Science, Series B, 2023. – DOI: 10.1134/S1560090423700896.

ЛИПИДНЫЙ ПРОФИЛЬ И ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА У ГОРОДСКИХ ЖИТЕЛЕЙ

Е.А. Иванова, Е.А. Шарлаева, И.В. Бобина
Алтайский государственный университет,
г. Барнаул

Аннотация. Городская среда характеризуется комплексом факторов, которые могут негативно влиять на обменные процессы и риск развития неинфекционных заболеваний. Целью исследования явилось изучение липидного профиля и оценка риска атеросклероза у городских жителей. В статье проанализированы показатели липидного обмена: уровень общего холестерина, холестерина липопротеинов низкой плотности, холестерина липопротеинов высокой плотности, триглицеридов и индекс атерогенности. Показано, что у большинства обследованных мужчин и женщин наблюдаются нарушения липидного обмена и высокие значения индекса атерогенности.

Ведущее место среди причин смертности в большинстве стран мира, в том числе и России, занимают сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) [1, 2]. Атеросклероз является важным патогенетическим фактором, лежащим в основе многих заболеваний сердца и сосудов. Он может медленно развиваться в течение десятилетий, прежде чем появятся клинические проявления кардиоваскулярных заболеваний [3]. В последние десятилетия наблюдается рост сердечно-сосудистых патологий атеросклеротического характера среди городских жителей, что связано с изменениями в образе жизни, рационе питания и экологической обстановке. Городская среда, характеризующаяся высокой плотностью населения, стрессом и ограниченной физической активностью, создает благоприятные условия для развития гипертонии, диабета, ожирения и дислипидемии [4, 5]. В связи с этим целью данной работы явилось изучение липидного профиля и оценка риска атеросклероза у жителей г. Рубцовска Алтайского края.

Для оценки состояния липидного обмена был выполнен анализ данных лабораторного обследования 150 жителей города (из них 80 женщин и 70 мужчин), возраст которых в среднем составил 62 года. В работе проанализированы данные биохимического анализа крови, включающего такие показатели липидного обмена, как общий холестерин (ОХС); липопротеины высокой плотности (ХС ЛПВП); липопротеины низкой плотности (ХС ЛПНП); триглицериды (ТГ). Определение показателей липидного спектра проводили на анализаторе Beckman Coulter AU480 (США) с использованием наборов реагентов. На основании полученных результатов рассчитывали индекс

атерогенности (ИА), который позволяет оценить вероятность атеросклероза и риск развития ССЗ. Расчет производили по формуле [6]:

$$\text{ИА} = \text{ОХС} - \text{ХС ЛПВП} / \text{ХС ЛПВП}.$$

Анализ показателей липидного обмена у обследованных жителей г. Рубцовска показал, что у большинства мужчин (72,86 %) уровень ОХС был выше референсных значений, только у 27,14 % – показатель был в пределах нормы. Среди женщин 53,75 % имели ОХС выше нормы, а у 46,25 % обследованных данный показатель не выходил за пределы референсных значений. Концентрация ТГ в среднем у всех обследованных была в пределах нормы, однако у мужчин ($2,3 \pm 0,3$ ммоль/л) показатель был достоверно выше ($p < 0,05$), чем у женщин ($1,8 \pm 0,07$ ммоль/л).

Исследование липопротеинов плазмы крови представляет значительный интерес ввиду их ключевой роли в патогенезе атеросклероза и вовлеченности в механизмы дислипидемии, ассоциированной с широким спектром заболеваний различной этиологии. Атерогенной является фракция ХС ЛПНП, поэтому содержанию данной фракции липопротеидов следует уделять особое внимание [7].

При оценке содержания ХС ЛПНП было отмечено, что в обеих группах показатель в среднем был выше референсных значений. При этом у мужчин уровень ХС ЛПНП ($4,03 \pm 0,09$) оказался достоверно выше ($p < 0,05$), чем у женщин ($3,75 \pm 0,08$ ммоль/л).

Липопротеины высокой плотности (ЛПВП) являются антиатерогенными. При их концентрации ниже референсных значений риск развития атеросклероза существенно повышается. Согласно полученным данным, содержание ЛПВП как у мужчин, так и у женщин было в пределах нормы и достоверно не различалось между представителями половых групп ($1,28 \pm 0,08$ ммоль/л – у мужчин; $1,41 \pm 0,09$ ммоль/л – у женщин).

Важным расчётным показателем для оценки риска атеросклероза является холестеринный коэффициент, или индекс атерогенности (ИА), который отражает соотношение атерогенных и неатерогенных фракций холестерина. В норме значение ИА колеблется от 2,2 до 3,5. При более высоких значениях риск развития атеросклероза существенно возрастает [7, 8].

Согласно полученным данным 67 % обследованных горожан имели ИА выше нормы. Причем у мужчин данный показатель был выше нормы во всех возрастных группах. Максимальное значение ИА отмечено у мужчин старше 60 лет и составило $4,6 \pm 0,4$, что указывает на достаточно высокий риск развития атеросклероза. У женщин до 50 лет ИА варьировал в пределах нормы и только после 50 лет отмечено его существенное увеличение, что, возможно, обусловлено изменениями липидного профиля женщин после наступления менопаузы [9].

Таким образом, в результате исследования установлено, что у значительной части обследованного городского населения наблюдаются отклонения в липидном профиле, это повышает вероятность развития

атеросклероза и других сердечно-сосудистых событий. Коррекция выявленных нарушений возможна не только с помощью лекарств, но и изменением образа жизни: рацион с пониженным содержанием животных жиров, увеличение физической активности, отказ от вредных привычек и т.д.

Список литературы

1. Воробьева Е.Н. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний у городских и сельских жителей / Е.Н. Воробьева, Е.А. Батанина, Р.И. Воробьев // *Медико-физиологические проблемы экологии человека: материалы IX Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 35-летию Ульяновского государственного университета*. – Ульяновск, 2023. – С. 81-84.
2. Исмарова Г.С. Сравнительный анализ распространенности факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в городской и сельской местностях Чуйской области / Г.С. Исмарова, А.И. Сабирова // *Вестник КРСУ*, 2024. – Т. 24. – № 9. – С. 45-50.
3. Обрезан А.Г. Гетерогенность атеросклероза / А.Г. Обрезан, А.В. Данилова // *Кардиология: новости, мнения, обучение*, 2020. – Т. 8. – № 1-2 (24). – С. 54-59.
4. Мулерова Т.А. Параметры инфраструктуры района проживания и их связь с факторами сердечно-сосудистого риска / Т.А. Мулерова, Т.Ф. Газиев, Е.Д. Баздырев, Е.В. Индукаева, Д.П. Цыганкова, А.С. Агиенко, О.В. Нахратова, Г.В. Артамонова // *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии*, 2022. – 18(4). – С. 402-410.
5. Кудаева И.В. Состояние липидного обмена у лиц, проживающих на территории экологического неблагополучия / И.В. Кудаева, А.А. Лысенко // *Гигиена и санитария*, 2023. – Т. 102. – № 9. – С. 896-901.
6. Климов А.Н. Иммунореактивность и атеросклероз / А.Н. Климов, Б.Н. Софронов, Ю.Н. Зубжский [и др.]. – Л.: Медицина, Ленингр. отд-ние, 1986. – 191 с.
7. Арабидзе Г.Г. Лабораторная диагностика нарушений липидного обмена: современные инновации в новых российских и международных рекомендациях / Г.Г. Арабидзе, А.А. Пухаева, Е.В. Правдивцева // *Лабораторная служба*, 2024. – Т. 13. – №1. – С. 20-30.
8. Сергиенко И.В., Дислипидемии, атеросклероз и ишемическая болезнь сердца / И.В. Сергиенко, А.А. Аниелес, В.В. Кухарчук. – М.: ПатиСС, 2020. – 298 с.
9. Мякотных В.С. Патологическое старение: основные «мишени», возраст-ассоциированные заболевания, гендерные особенности, геронпрофилактика / В.С. Мякотных, Е.С. Остапчук, В.Н. Мещанинов, А.П. Сиденкова, Т.А. Боровкова, М.Н. Торгашов, Д.Л. Щербаков. – М.: Новый формат, 2021. – 128 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕТРИВАНИЯ В УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЯХ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ CO₂

Т.Л. Егорова, Д.Э. Шубин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** Во время занятий в небольшой аудитории концентрация CO₂ в воздухе быстро растёт из-за дыхания людей. Повышенное содержание CO₂ связано с ухудшением самочувствия и снижением работоспособности (сонливость, падение концентрации внимания), что особенно критично для учебных помещений. В российских нормативах качества воздуха для общественных и учебных помещений указывается, что уровни CO₂ свыше 1000 ppm относятся к «низкому качеству воздуха» и являются нежелательными для помещений, где люди выполняют умственный труд [1].*

На практике в учебных аудиториях (особенно без механической приточно-вытяжной вентиляции) основной реальный способ восстановить качество воздуха – это кратковременное проветривание: открытие окна или форточки между занятиями.

Цель данной работы – построить математическую модель изменения концентрации CO₂ в аудитории как функции числа присутствующих людей и интенсивности проветривания, и на её основе ввести характерное время проветривания τ . Оно интерпретируется как минимально необходимый порядок времени, в течение которого аудиторию нужно активно проветривать (держат окно открытым), чтобы снизить концентрацию CO₂ до приемлемого уровня.

Модель далее применяется к типичной учебной аудитории площадью 40 м² (объём порядка 120 м³) с 20 студентами. Аудитория рассматривается как один хорошо перемешанный объём V (м³).

Обозначим:

$C(t)$ – объемная доля CO₂ в помещении в момент времени t (доля единицы; ppm = $C \cdot 10^6$);

$C_{\text{наруж.}}(t)$ – доля CO₂ наружного воздуха;

$Q(t)$ – приточный расход свежего воздуха, м³/с;

$n(t)$ – число людей в аудитории;

g_{pp} – выделение CO₂ одним человеком, м³/с.

Обозначим суммарное поступление CO₂ от людей как $G(t) = n(t)g_{pp}$. Тогда баланс CO₂ описывается дифференциальным уравнением (1) [2]:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{G(t)}{V} + \frac{Q(t)}{V} (C_{\text{наруж.}} - C(t)) \quad (1)$$

Первое слагаемое в уравнении отвечает за накопление CO₂ от дыхания людей, второй – за разбавление внутреннего воздуха наружным притоком. Если

считать, что число людей n и расход воздуха Q не меняются в течение интервала (например, одна пара), то решение можно записать в явном виде (2):

$$C(t) = C_{\text{наруж.}} + \frac{G}{Q} + \left(C(0) - C_{\text{наруж.}} - \frac{G}{Q} \right) \cdot e^{-\left(\frac{Q}{V}t\right)} \quad (2)$$

Из уравнения (2) очевидно, что установившийся уровень CO_2 в помещении стремится к (3):

$$C_{\text{уст.}} = C_{\text{наруж.}} + \frac{G}{Q} \quad (3)$$

То есть уровень CO_2 растёт при увеличении количества людей и падает при увеличении приточного воздуха. Также, из уравнения (2) следует, что переходный процесс изменения концентрации CO_2 описывается экспоненциальным затухающим множителем $e^{-\left(\frac{Q}{V}t\right)}$. Обозначим постоянную времени помещения $\tau = \frac{V}{Q}$ и перепишем уравнение (2) в виде (4):

$$C(t) = C_{\text{наруж.}} + \frac{G}{Q} + \left(C(0) - C_{\text{уст.}} \right) \cdot e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \quad (4)$$

Из (4) видно, что $\tau = \frac{V}{Q}$ имеет прямой физический смысл: это характерное время проветривания аудитории. Если открыть окно так, что обеспечивается приток свежего воздуха Q , то примерно за время порядка τ концентрация CO_2 в помещении меняется от «задушенного» значения (после окончания пары) к новому, более безопасному уровню. Таким образом, τ можно интерпретировать как минимально разумную длительность интенсивного проветривания между занятиями.

Пусть, в аудитории объёма $V = 120 \text{ м}^3$ находятся 20 человек в течение 1.5 часов (одна пара). Максимальная допустимая концентрация CO_2 в помещении равна 1000 ppm.

Пусть один человек выделяет порядка $g_{pp} \approx 5.2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ [3]. Тогда суммарное выделение CO_2 составит $G = ng_{pp} = 1.04 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

Объём воздуха, проходящего через форточку, может быть приблизительно описан выражением (5):

$$Q = C_d A \sqrt{2gH \frac{T_{\text{внутр}} - T_{\text{нар}}}{T_{\text{внутр}}}} \quad (5)$$

где

C_d – коэффициент расхода (0.6-0.7 для окна/форточки);

A – эффективная площадь открытого проёма, м^2 ;

g – ускорение свободного падения;

H – характерная высота между зоной притока и вытяжки, м;

$T_{\text{внутр.}}, T_{\text{наруж.}}$ – температура воздуха в помещении и на улице, К [4].

Примем: $T_{\text{внутр}} = 22^\circ\text{C} = 295\text{ K}$, $T_{\text{наруж}} = 0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$, $A = 0.25\text{ м}^2$, $H = 1\text{ м}$, $C_d = 0.6$. Подставив значения в (5), получим:

$$Q = 0.6 \cdot 0.25 \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1 \cdot \frac{22}{295}} \approx 0.181 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Исходя из (3), установившийся объём CO_2 в аудитории после занятия с открытой форточкой будет равен:

$$C_{\text{уст}} = 4.5 \cdot 10^{-4} + \frac{1.04 \cdot 10^{-4}}{0.181} = 10.24 \cdot 10^{-4} = 1024\text{ ppm}$$

Согласно ГОСТ 30494-2011, такая концентрация CO_2 соответствует «низкому качества воздуха». Таким образом, открытие только одной форточки во время занятий не может обеспечить приемлемое качество воздуха ($C \sim 800\text{ ppm}$), требуется также дополнительное проветривание.

Исходя из (4), при неизменном притоке воздуха Q , и отсутствии возмущающего воздействия G (пустая аудитория), требуемое время проветривания, для обеспечения $C = 800$ находится как (6):

$$t = -\tau \ln \left(\frac{C(t) - C_{\text{нар}}}{C(0) - C_{\text{нар}}} \right) \quad (6)$$

Приняв $C_0 = 1024\text{ ppm}$ (концентрация CO_2 на момент окончания занятия с открытой форточкой), получим:

$$t = -663 \cdot \ln \left(\frac{800 - 450}{1000 - 450} \right) = -663 \cdot (-0.452) \approx 300\text{ с} = 5\text{ мин}$$

Таким образом, для обеспечения требуемого качества воздуха для следующего занятия, необходимо дополнительно проветривание аудитории в течение времени $t = 5\text{ мин}$.

В результате работы:

1. Было получено численное аналитическое решение для динамики концентрации CO_2 в аудитории. При постоянных значениях числа людей и приточного расхода воздуха аудитория ведёт себя как система первого порядка с экспоненциальным переходным процессом. Это позволяет описывать качество воздуха в терминах небольшого числа параметров.

2. Введено понятие постоянного времени аудитории τ , которое характеризует скорость проветривания. Для рассматриваемой аудитории и реального притока через форточку Q , получено $\tau \approx 10\text{-}11\text{ минут}$.

3. Было доказано, что качество воздуха в перегруженных малых аудиториях определяется не только тем, сколько приточного воздуха подаётся во время занятия, но и тем, есть ли отдельное проветривание между занятиями. Открытое окно в присутствии людей лишь удерживает CO_2 около предельного уровня ($\sim 1000\text{ ppm}$), но не улучшает его. Существенное восстановление качества воздуха достигается только при кратком интенсивном проветривании пустой аудитории, то есть режим проветривания должен быть заложен в организацию расписания занятий.

Список литературы

1. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293788/4293788520.pdf> ГОСТ.
2. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.2213.pdf>.
3. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5666301/pdf/nihms905963.pdf>.
4. https://publications.ibpsa.org/proceedings/bs/2021/papers/bs2021_30482.pdf

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АЭРОГЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

С.Б. Петров, Б.А. Петров, О.И. Дубровина
Кировский государственный медицинский университет,
г. Киров

***Аннотация.** В работе приведены материалы исследования по факторному анализу влияния многокомпонентного химического загрязнения атмосферного воздуха городской среды на заболеваемость детского населения болезнями органов дыхания. Установлен доминирующий характер влияния на уровень распространенности заболеваний органов дыхания, связанный с фактором, ассоциированного с взвешенными веществами, оксидами азота и серы.*

***Ключевые слова:** городская среда, химическое загрязнение атмосферного воздуха, болезни органов дыхания, детское население, факторный анализ.*

В задачи исследования входило изучение на основе факторного анализа влияния многокомпонентного химического загрязнения атмосферного воздуха городской территории на заболеваемость детского населения болезнями органов дыхания.

Исследование проведено на территории г. Кирова. Основные промышленные зоны находятся в северо-западном и юго-западном секторах городской территории, где размещены предприятия теплоэнергетики и цветной металлургии, машиностроительной и нефтехимической промышленности, входящие в структуру городского промышленно-энергетического комплекса. В перечень контролируемых на исследуемой территории химических загрязнителей атмосферного воздуха входят взвешенные вещества, оксиды углерода, азота и серы, фенол, ароматические углеводороды.

Сбор информации о заболеваемости болезнями органов дыхания проведен в поликлиниках, обслуживающих детское население районов, ранжированных по уровням загрязненности атмосферного воздуха вредными химическими веществами.

Для характеристики влияния отдельных компонентов химического загрязнения атмосферного воздуха на развитие и распространенность среди детского населения болезней органов дыхания был применен факторный анализ методом выделения главных компонент с вращением по типу «варимакс» и нормализацией Кайзера. Оценка силы, направления и статистической

значимости связей между изучаемыми показателями выполнена методом корреляционного анализа по Пирсону.

При характеристике многокомпонентного аэротехногенного загрязнения исследуемой городской территории методом выделения главных компонент определены 3 фактора, объясняющие 81 % полной дисперсии переменных – 55 % (фактор 1), 17 % (фактор 2) и 9 % (фактор 3) соответственно.

С фактором 1 наибольшую корреляционную зависимость имеют концентрации в атмосферном воздухе взвешенных веществ, оксидов серы и азота, с фактором 2 концентрации ароматических углеводородов, с фактором 3 концентрации фенола.

В таблице представлено влияние определенных факторов на уровень распространенности заболеваний среди детского населения болезней органов дыхания.

Таблица

Влияние факторов на уровень распространенности болезней органов дыхания среди детского населения

Нозологические формы	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Аллергический ринит	0,68	0,09	0,22
Хронический фарингит	0,72	0,50	0,25
Болезни миндалин	0,66	0,20	0,26
Хронический бронхит	0,60	0,22	0,19
Бронхиальная астма	0,66	0,66	0,18
Общий уровень	0,70	0,51	0,17

Как видно из данной таблицы, общий уровень распространенности болезней органов дыхания ассоциируется с фактором 1 и фактором 2, уровень заболеваемости аллергическим ринитом, хроническим бронхитом, хроническим фарингитом и болезнями миндалин ассоциируются с фактором 1, уровень заболеваемости бронхиальной астмой связан с факторами 1 и фактором 2 в равной степени (прямая корреляционная связь средней силы). Коррекционная зависимость уровня распространенности болезней органов дыхания от фактора 3 оценивается как прямая слабой силы.

Таким образом результаты факторного анализа свидетельствуют о неравнозначном влиянии определенных факторов на заболеваемость детского населения болезнями органов дыхания. Так, доминирующий характер влияния на уровень распространенности заболеваний установлен с фактором 1, ассоциированного с взвешенными веществами, оксидами азота, серы и углерода, ароматическими углеводородами. Вероятно, одной из причин сильного влияния данного фактора является выраженная способность взвешенных веществ сорбировать токсичные газообразные соединения с образованием пылегазовых

композиций. Так, по данным наших экспериментальных исследований, биологическое действие пыли летучей золы (ЛЗ) многотопливных теплоэлектроцентралей в составе пылегазовой смеси, наряду с резорбтивно-токсическим эффектом, характеризуется по сравнению с пылью ЛЗ без газового компонента более выраженным свободно-радикальным механизмом действия, дестабилизацией системы антиоксидантной защиты и формированием иммунопатологических процессов [1].

Список литературы

1. Петров С.Б. Исследование биологического действия летучей золы в составе пылегазовой смеси / С.Б. Петров, Б.А. Петров, П.И. Цапок // *Экология человека*. – 2009. – № 12. – С. 13-16.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ»

Н. Михайлович¹, А.Н. Кочетов²

¹ Член-корреспондент Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), доц., к.т.н., г. Санкт-Петербург

² Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Северо-Западное управление Ростехнадзора), г. Санкт-Петербург

Аннотация. Вы узнаете об экологических последствиях использования природных ресурсов. Показаны причины поиска новых источников энергии, перехода на «зеленую энергетику».

Вечные возобновляемые источники энергии – это ветер, лучи Солнца, течения океанов и энергия падающей воды. В чем достоинства и недостатки каждого? Смогут ли они заменить природные органические ресурсы?

Основная деятельность общества – это удовлетворение потребностей человека за счет использования природных ресурсов, которая сопровождается выбросами (отходами) различных газов, жидкостей и твердых веществ, а также низкокачественного тепла, загрязняющими окружающую среду.

До тех пор, пока масштабы деятельности человечества были сравнительно невелики эти выбросы не несли очевидной угрозы окружающей среде и они были внесены в безмерно мощный круговорот природы, Человечество вписывалось в этот круговорот.

Другое дело теперь. Масса отходов растет с увеличением по экспоненте численности и потребностей населения на Земле. Появилось много веществ, которые «не по зубам» природе.

Производство и использование электрической энергии представлено ниже.

Производство электроэнергии (ТВт·ч) 2022 г., [1]:

В мире	Энергия рек	Геотермальная энергия	Энергия Солнца	Энергия ветра
$28\,626,4 \cdot 10^{12}$	$4\,352,19 \cdot 10^{12}$	$92,1 \cdot 10^{12}$	$1\,273,8 \cdot 10^{12}$	$2\,093,6 \cdot 10^{12}$

(Рост производства электроэнергии 2 % в год).

Исходя из закона взаимодействия массы и энергии, устранить отходы практически невозможно. Реально возможно лишь перевести большую часть ресурсов в готовый продукт, когда отходы одного предприятия сделать сырьем другого. При этом расход энергии на единицу продукции растет, и общая энергетическая эффективность хозяйства неминуемо падает.

Этот естественно-исторический закон никому не удастся нарушить.

Его, как гипотезу в XVIII веке, более 200 лет назад, высказал английский священник и учёный, основатель демографической науки Томас Роберт Мальтус (1766-1834 гг.) и пришел к выводу, что производство продукции не растет пропорционально затратам энергии.

В прошлом веке украинский ученый-энциклопедист марксист С.А. Подолянский подтвердил эту гипотезу падения энергетического эффекта.

На сегодня при переработке сырья около 90 % уходит в отходы. Таким образом, за последние 100 лет возник еще один механизм воздействия на окружающую среду – выбросы бытовых отходов.

Вещество, в той или иной форме, всегда останется с нами. Иначе быть не может, так как здесь работает закон сохранения материи.

Однако самый масштабный и опасный аспект экологического кризиса – это загрязнение нижних слоев атмосферы продуктами сгорания органических видов топлива, которые усиливают так называемый «парниковый эффект».

Солнечная энергия, проникающая в форме коротких электромагнитных волн через атмосферу к земной поверхности, в значительной мере отражается от нее в виде более длинных волн, которые частично задерживаются и экранируются нижними слоями атмосферы обратно на поверхность Земли. Так наша планета использует солнечное тепло дважды.

Без этого эффекта жизнь на Земле была бы невозможна, так как первичные лучи Солнца разогревают ее поверхность лишь до -18°C . Отраженные тропосферой потоки тепловой энергии повышают эту среднюю температуру еще на 33°C до $+15^{\circ}\text{C}$. Такую отражательную способность создают двуокись углерода, метан, закись азота и некоторые другие газы, продукты жизнедеятельности биоты.

Сложившийся за миллионы лет и самоподдерживающийся баланс газов в атмосфере создал ту «тепловую» температурную среду, в которой только и может существовать биологическая жизнь.

Присутствие «парниковых газов» в атмосфере обязательно, так как их отсутствие может привести к понижению температуры поверхности Земли до

–18 °С, то есть к экологической катастрофе.

Еще 100 лет назад шведский ученый, лауреат Нобелевской премии Сванте Аррениус первым сформулировал гипотезу о «парниковом эффекте», (Грета Тунберг (Greta Tintin Eleonora Ernman Thunberg) «борец за экологию» его правнучка).

Порядка 34 % солнечной энергии сразу же отражается назад в космос облаками, пылью и другими веществами, находящимися в атмосфере, а также собственно поверхностью Земли. Не пропускается к земной поверхности большая часть вредного космического излучения – гамма-лучей, рентгеновских лучей и ультрафиолетового излучения.

Здесь основная часть средней ультрафиолетовой фракции поглощается молекулами озона в верхней части атмосферы и водяным паром в нижней части атмосферы. Без этого экранирующего эффекта большинство современных форм жизни на Земле не могли бы существовать.

Озон выполняет защитную роль, поглощая опасные для всего живого жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца на высоте 20-25 км.

Истощение озонового слоя – это глобальная экологическая проблема современности. Главной причиной снижения концентрации озона в атмосфере – это фреоны (хлор-фтор-углеводороды), которые широко применяются в быту: в холодильниках, кондиционерах, аэрозольных упаковках.

Фреоны – сами по себе нетоксичны, они весьма стойки. На высоте 20-25 км фреоны распадаются под давлением солнечного ультрафиолета с образованием свободного хлора, который усиливает процесс разрушения озона, уменьшая при этом его содержание.

Есть еще один аспект этой экологической проблемы, на которую не обращают внимание – это оказывается сама энергия, точнее, ее избыток. На энергии держится все величие современной цивилизации, обилие и обеспеченность человека.

Безусловно, развитие цивилизации требует возрастающие расходы энергии. Прирост энергетических затрат не может быть бесконечным. Наступает момент перенасыщения, и дальнейшее использование влечет разрушение экосферы.

Так в соответствии с законом, установленным С. Карно (Nicolas Léonard Sadi Carnot) 1796-1832 гг., из каждых трех джоулей, полученных при сгорании топлива или ядерного горючего, в дело идет только один джоуль, два остальных безвозвратно, рассеиваются в виде низкокачественной энергии, нагревая окружающую среду, согласно второму закону термодинамики.

Существует, так называемый «Закон одного процента», по которому мы не можем использовать более 1 % энергии, поступающей от Солнца к поверхности Земли. В 1985 году Ленинградский физик В.Г. Горшков (1935-2019 гг.) дал строгое математическое обоснование. Оценим эту предельную величину искусственной энергии из органических природных ресурсов, используя данные, представленные ниже, и как быстро ее мы сможем достигнуть. Один % энергии Солнца, поступающей на Землю – $5\,800\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, превышает производство –

30 369,5 · 10¹² Вт · ч искусственной энергии более чем в 190 раз. При 2 % росте использовании энергии эту величину человечество достигнет уже через 260 лет.

Эту черту, отделяющую дальнейшее развитие цивилизации, нельзя нарушать.

Возможные экономические проблемы более подробно рассмотрены в работе [2].

Да, сегодня запасы могут быть великими, но ясно как день, что когда-то (бессмысленно пытаться угадать дату) им все равно придет конец. Природные ресурсы (уголь, нефть, газ) практически невозполнимы. Ведь энергия в них накапливалась миллиарды лет, а расходуются за считанные годы.

Экспонентный рост численности и потребностей человечества на Земле и конечность природных ресурсов, а также негативное воздействие результатов деятельности на окружающую среду невольно ставят вопрос о поиске неисчерпаемой, дешевой, легко доступной и, главное, быть экологически безопасной. Вечный двигатель изобрести невозможно – это факт. Но вечные источники энергии, способные прийти на смену тающим запасам ископаемого топлива имеются. Достаточно взглянуть на наше светило.

Масса Солнца, содержащая 72 % водорода и 28 % гелия, настолько грандиозна, что протекающая ядерная реакция превращения водорода в гелий с выделением огромного количества энергии, которая будет продолжаться еще примерно 100 миллиардов лет. На наш век, как говорится, хватит.

Солнечная энергия привлекает людей не только своим обилием. Ее количество, непрерывно получаемое Землей от Солнца, чудовищно велико, оно примерно в десятки тысяч раз превышает энергию, которую человечество потребляет в настоящее время!

Природные ресурсы энергии и их величины (КВт · ч), [3]:

Не возобновляемые ресурсы (общие запасы):

Термоядерная энергия	—	100 000 000 · 10 ¹² ;
Ядерная энергия деления	—	547 000 · 10 ¹² ;
Химическая энергия ископаемых органических горючих	—	55 000 · 10 ¹² ;
Внутреннее тепло Земли	—	134 · 10 ¹² .

Ежегодно возобновляемые ресурсы:

Энергия морских приливов	—	70 000 · 10 ¹² ;
Энергия падающих на Землю солнечных лучей	—	580 000 · 10 ¹² ;
Энергия ветра	—	1 700 · 10 ¹² ;
Энергия рек	—	18 · 10 ¹² .

Гораздо важнее другое, сама по себе энергия Солнца даровая, вечная и главное экологически безопасная. Солнечная радиация – один из естественных элементов теплового баланса земного шара, независимо от того, используется ли она человеком или нет, он всегда соблюдается.

Поэтому она единственный источник энергии, без риска теплового загрязнения, чем грешат и уголь, и нефть, и газ, и делящийся атом.

От чего же люди до сих пор так слабо используют солнечные лучи?

Есть ли у Солнца энергетические перспективы и какие? В этом мы и хотим разобраться. Но прежде всего полезно уточнить, а о какой энергии идет, собственно, речь. Ведь есть энергия «бытовая» и есть энергия «промышленная», их нельзя путать.

«Бытовая» энергия – это то, что обеспечивает нам культурный уровень жизни и ее высокий стандарт. Тут энергии счет невелик – киловатты. Совсем другое дело – масштабы энергии промышленной. Они определяют уровень валового продукта, размер национального дохода.

И тут обнаруживается уязвимое место солнечной энергии: – оказывается, что на один квадратный метр освещенной поверхности Земли приходится лишь 100 ватт. Это может быть сносно для «бытовой», но ведь нам надо насытить энергию «промышленную».

Для 1000 мегаватт требуется площадь в несколько квадратных километров, и реализация потребует огромных затрат. Преобразование энергии солнечных лучей пока нерентабельно с такой площадью.

Необходимо снизить затраты на несколько порядков. Кроме того, постановка солнечных батарей приводит к уменьшению получаемой солнечной энергии и удаление этой поверхности от участия в тепловом балансе Земли.

Еще в 1975 г. Академик, лауреат Нобелевской премии П.Л. Капица указал на бесперспективность альтернативной энергии для промышленных масштабов.

К солнечной энергии относится не только солнечное излучение, но и несколько форм вторичной энергии, возникающей под действием первичного Солнца. Косвенными формами вторичной энергии являются энергия ветра, энергия падающей и текущей воды, сила океанских течений, тепло земных недр (кипение вулканов). А также биомасса, где солнечная энергия, преобразованная в деревьях и других растениях в химическую форму. Рассмотрим возможность их использования.

Ветер крайне непостоянен. И главное, плотность энергии опять ничтожна. При этом: ветряки создают низкокачественный шум, который негативно действует на людей, животных и даже на растения; начиная с дистанции 500 м возникает вредный для человека шумовой порог; вокруг ветряков кладбище мертвых мышей, тысячи мертвых птиц, в первую очередь пернатых; фундаменты требуют от 600 до 800 тонн бетона, земля становится непригодной для сельхозработ.

Есть еще одна серьезная проблема: утилизация лопастей, изготовленных из редкоземельных и радиоактивных металлов (в том числе «Тория», провоцирующего онкологию), на сегодня основной вид утилизации закапывание поглубже в землю, и сама добыча сопровождается выделением вредных веществ.

Энергия падающей воды также ничего не стоит, но энергия электростанций все же не бесплатна: строительство ГЭС обходится достаточно дорого.

Мощных рек, да еще в горных районах не так много.

Гидроэнергетика дает лишь 5 % в общем энергетическом мировом балансе.

Еще один источник использования энергии – **это геотермальная энергия**. Ее запасы велики. В отличие от солнечной энергии, которая имеет колебания не только суточные, но и зависит от времени года и погоды, геотермальная энергия способна генерироваться непрерывно.

И вновь осечка. Из-за плохой теплопроводности горных пород и малой мощности потока тепла необходимо собирать ее от достаточно больших объемов и делать это на глубине 10 ÷ 15 км. весьма затруднительно. К сожалению, этот источник энергии – «невозобновляемый».

Мы на сегодня используем поступающую к нам солнечную энергию в ничтожном количестве.

За последние 20 лет солнечная энергия, к «сожалению», не оправдала своих затрат.

И так, физики настаивают: ни Солнце, ни тепло Земли, ни сила падающей воды, ни многие другие источники энергии не смогут насытить аппетит Земли. Они могут играть лишь вспомогательную роль, ибо они маломощные. Для «промышленной» энергии все же не проще на сегодня жечь уголь, нефть, газ, строить новые атомные станции?

Многие строят надежду избавить Природу от вредных техногенных выбросов на том, что в будущем мы научимся широко использовать энергию Солнца. К сожалению, эти планы экологически плохо обоснованы. В них учитывают только непосредственное отсутствие вредных тепловых сбросов, но не принимают во внимание косвенные воздействия на природную среду, которые увы могут существенно превышать непосредственные.

Косвенные воздействия обусловлены тем, что для создания экологически чистых систем и технологий необходимы в большом количестве полупроводники, материалы, продукты машиностроения, химической промышленности и других отраслей. Для утилизации Солнечной энергии необходимы в больших количествах полупроводники, цветные и редкоземельные металлы, производство которых вызывает дополнительные потоки загрязняющих Природу веществ, а также расход не возобновляющих природных ресурсов.

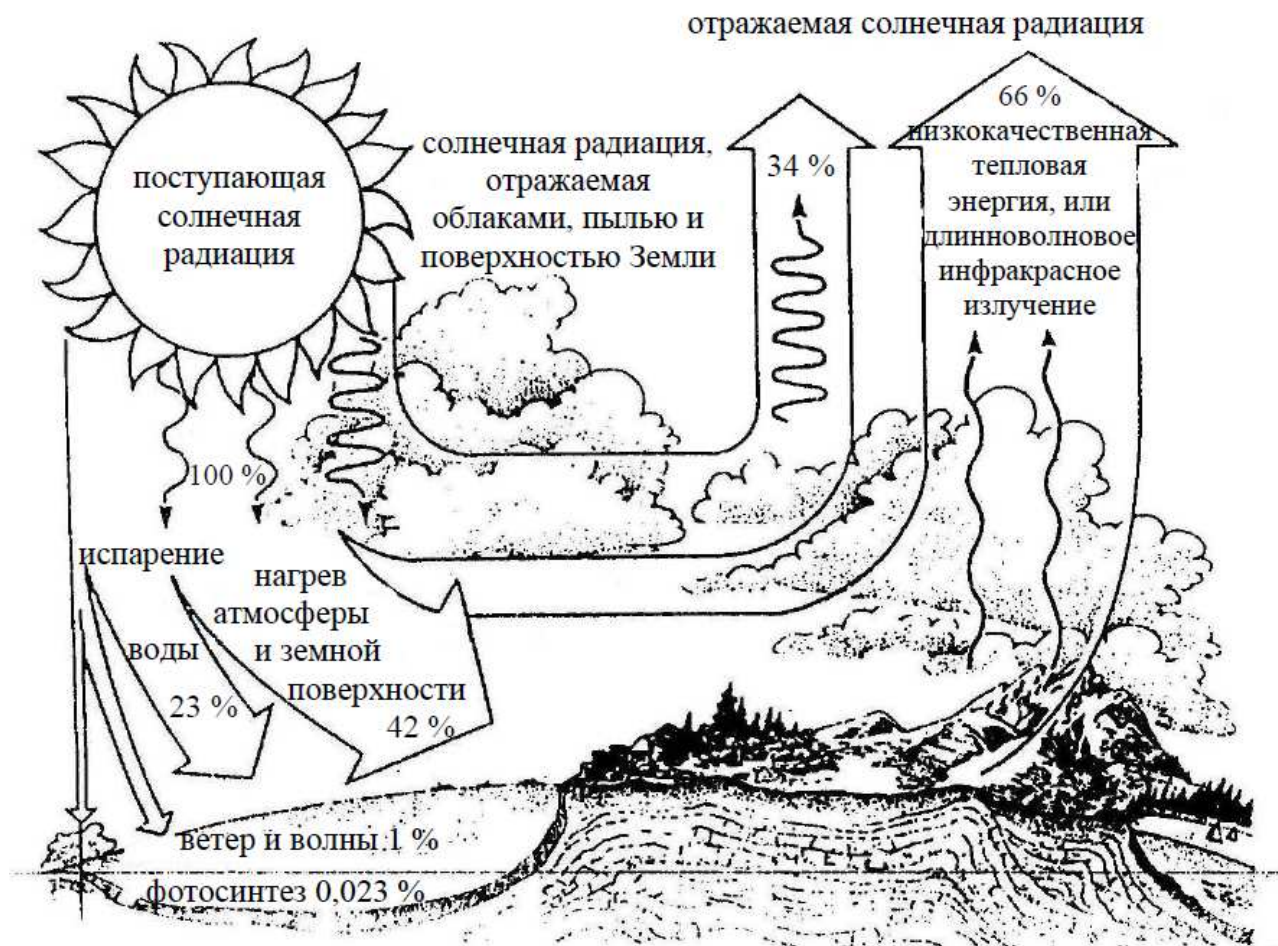
К сожалению, использование солнечной энергии не решает всех проблем с окружающей средой. Законы термодинамики и сохранения материи утверждают, что в этом случае исключен сброс некачественного тепла в Космос, а вот ликвидировать техногенные отходы невозможно, загрязняющие окружающую среду от отмеченных ранее факторов.

В настоящее время нас уже беспокоит рост производства и использование солнечной энергии человечеством для своих нужд, так как это влечет уменьшение величины высококачественной энергии в тепловом балансе Планеты.

Некоторые возможные негативные последствия будут рассмотрены ниже. Для этого проанализируем судьбу тепловых потоков солнечной энергии, попада-

ющей на поверхность Земли.

Энергия Солнца – естественного термоядерного реактора, излучается в Космос и достигают нашей Планеты. И что происходит с лучистой энергией Солнца, можно увидеть на рисунке «Потоки солнечной энергии к земной поверхности и от нее» [4].



Потоки солнечной энергии к земной поверхности и от нее, [4].

Около 34 % сразу же отражается назад в космос облаками, пылью и другими веществами, находящимися в атмосфере. При этом основную часть вредного ионизирующего излучения Солнца, особенно ультрафиолетовой радиации, поглощается молекулами озона (O_3).

Подавляющая часть из оставшихся 66 % идет на нагрев атмосферы, суши и испарения, и круговорот воды, преобразуется в энергию ветра. И лишь 0,023 % улавливаются зелеными растениями для фотосинтеза.

Большая часть энергии, отраженной земной поверхностью, задерживается вследствие действия «парникового эффекта» и повторно возвращается для должного нагрева атмосферы и поверхности Земли.

Одним из первых по вопросу о соответствии энергоресурсов все возрастающим потребностям на них выступил еще в 1912 г. Н.А. Умов [3]. Он считал, что наиболее перспективным получением энергии это энергия приливов

и отливов. А вот энергия рек будет использована как составная часть общего баланса.

Солнце Н.А Умов считал тем источником энергии «из которого в далеком будущем человечество должно будет и сможет черпать необходимую энергию». И прозорливо, «с большой уверенностью» утверждает, что люди овладеют солнечной энергией не через тепловые, а чрез «совершенно иные процессы, по-видимому, электрической природы».

Солнце освещает и обогревает Землю, поставляет энергию, которую зеленые растения используют для синтеза органических соединений, обеспечивающих жизнедеятельность живых организмов и в конечном итоге человека.

Солнечная энергия поддерживает круговорот важных химических веществ и является движущей силой климатических и метеорологических систем, перераспределяющих тепла и влаги на земной поверхности.

Жизнь на Земле зависит:

- от однонаправленного потока высококачественной энергии, идущей от Солнца через атмосферу к Земле, и возвращается обратно в Космос в виде рассеянной низкокачественной тепловой энергии;
- от круговорота в экосфере питательных веществ, необходимых для живых организмов.

К сожалению, использование солнечной энергии приводит к уменьшению теплового баланса биосферы. Здесь каждая составляющая теплового баланса выполняет свою ответственную роль в устойчивом функционировании биосферы. Составляющие теплового баланса биосферы определяют фотосинтез зеленых растений, ветер, испарение воды, нагрев атмосферы и поверхности Земли.

Так, использование энергии ветра влечет изменение циркуляции атмосферы, тем самым, оказывает влияние на местные климатические условия, через них на почвенно-растительный мир.

Снижение солнечного потока оказывает воздействие на биогеохимические циклы, которые обусловлены прямым или косвенным воздействием солнечной энергии, которые включают, прежде всего, круговорот углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и воды.

Использование энергии лучей Солнца воздействует на физические параметры биосферы, к которым относятся свет, тень, испарение, ветер, температура и влажность воздушной сферы, на круговорот питательных веществ.

Установка солнечных батарей аналогично уменьшает величину теплового баланса биосферы, забирая какую-то часть солнечных лучей, предназначенных поверхности Земли.

До определенного уровня биосфера способна к саморегулированию, что позволяет ей свести к минимуму негативные последствия деятельности человека. Но существует предел, когда биосфера уже не в состоянии поддерживать равновесие, начинаются необратимые процессы, приводящие к экологической катастрофе.

Как бы мало не было сегодня это уменьшение теплового баланса биосферы, оно с течением времени в связи с ростом потребления энергии по экспоненте неизбежно приведет к негативным последствиям в биосфере.

И здесь, вероятно, есть черта, через которую мы переходить не имеем права и необходимо знать, где она расположена.

Вести крупномасштабные эксперимент невозможно практически, это безусловно дорого, но и опасно для жизни человека. Только математическое моделирование может обеспечить информацию о возможном состоянии биосферы.

А теперь оценим потенциальную возможность использования солнечной энергии для производственных нужд человечества, используя данные, представленные ранее:

- энергия попадающих на Землю солнечных лучей	—	$580\,000\,000 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч};$
- мировое производство энергии	—	$28\,626,4 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч};$
- производство возобновляемых источников энергии (ветер, солнце)	—	$3\,575,6 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$

На сегодня возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это примерно 10 % от мирового производства энергии и только 0,00006 % от солнечной энергии, попадающей на Землю. Это ничтожно малая величина, влиянием которой на устойчивое развитие биосферы можно пренебречь.

При росте производства энергии на 2 % за год участие ВИЭ будет превышать 1 % от количества солнечной энергии, попадающей на Землю уже через 370 лет. И не за горами то время, когда использование солнечной энергии начнет сказываться на тепловом балансе.

Теперь рассмотрим потенциальную возможность использования альтернативных источников энергии.

При росте производства энергии на 2 % за год при КПД в 25 % использования природных ресурсов, **энергия приливов и отливов** 300 лет может быть главным источником получения энергии, а затем активно участвовать в составе с другими источниками в мировом производстве энергии.

Аналогично, доступный ресурс внутреннего тепла Земли израсходуется за один год. К сожалению, этот источник «невозобновляемый».

При этом **энергия морских приливов и отливов и внутреннего тепла Земли** не оказывают влияния на тепловые балансы биосферы и Планеты.

Использование энергии приливов и отливов есть, в сущности, использование энергии вращательного движения Земли около оси. Такое использование энергии вызывает замедление движения и уменьшения дня, которое наше поколение даже не заметит, вследствие малой ее величины.

Ресурс речных сил Земного шара может быть использован только как вспомогательный, так как его запасы $18\,000 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч}$, а производства не более $33\,398,5 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч}$., **также не оказывает влияние на биосферу.**

Список литературы

1. *Statistical Review of Wore Energy. 2022 Обзор мировой энергетики 2022 г.*
2. Михайлович Н. «Зеленая» энергетика глазами физика» / Н. Михайлович, А.Н. Кочетов // Доклады XXXVI Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий», под общ. ред. проф., д.т.н. В.М. Панарина. – Тула: ТулГУ, 2025. – С. 131-142.
3. Алексеев Г.А. Энергия и энтропия / Г.А. Алексеев. – М.: Знание, 1978. – 192 с.
4. G. Tyler Miller, Жизнь в окружающей среде. Перевод с англ. Б.А. Алексеева [и др.]; под редакцией Г.А. Ягодина. – М.: Прогресс, 1993 г. – 256 с.; ISBN: 5-01-003833-1.

ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Хадарцев, А.В. Волков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрены факторы солнечной активности, возможно, определяющие картину временной динамики эпидемий вирусной этиологии, а также некоторые результаты моделирования динамики распространения новых штаммов COVID-19 в России.

Выполненный нами анализ многолетней и внутригодовой динамики двух, пожалуй, базовых параметров активности Солнца – предложенных швейцарским астрономом и математиком, член-корреспондентом Французской академии наук Иоганном Рудольфом Вольфом т. н. относительных чисел W , а также интенсивности радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см $F10.7$ – показал, что, как минимум, в многолетнем аспекте рассуждений, дисперсия изучаемых параметров ($D = \sigma^2$; выборку конечной размерности характеризуют стандартным отклонением SD) не остаётся постоянной, а закономерно меняется, в зависимости от текущей фазы 11-летнего солнечного цикла (рис. 1). Возможно, данная закономерность распространяется и на вековую динамику солнечной активности.

На основании результатов исследований, сформулирована следующая закономерность: в границах каждого года, так или иначе, о себе заявляют *три сезонных максимума* солнечной активности: первый – в конце зимы – в апреле; второй – в окрестности июля; третий – в окрестности октября. При этом в один год более выражены максимумы переходных периодов, а на следующий год – летний максимум, при несколько меньшем эффекте максимумов переходных периодов. Рост вирулентности биологических агентов и иные выраженные реакции систем биосферы следует ожидать *после* прохождения параметров соответствующего

максимума, то есть с некоторым лагом, или отставанием, от даты соответствующего максимума.

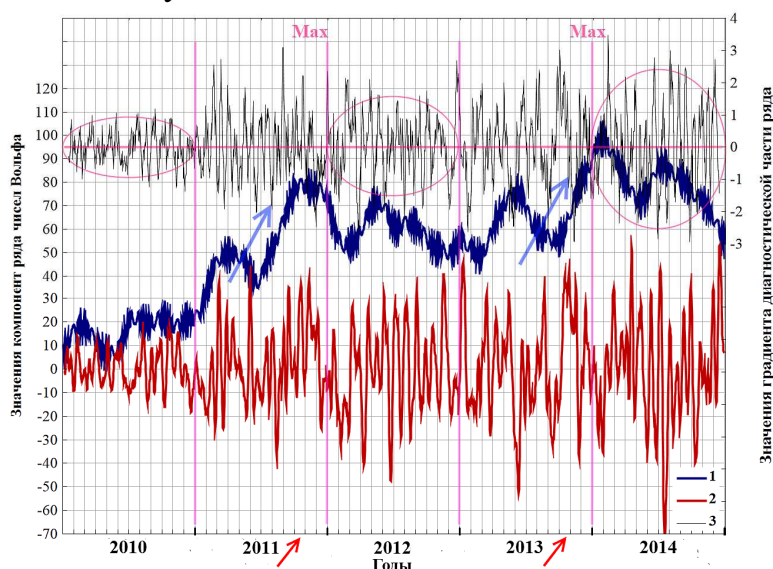


Рис. 1. Временной ход фоновой компоненты ряда относительных чисел Вольфа (1), его диагностической компоненты (2), а также первой производной диагностической компоненты (3) в 2010-2014 годах. Стрелками отмечены фазы резкого возрастания активности Солнца, а эллипсами – характерное изменение дисперсии параметра в течение последовательных фаз изменения солнечной активности

Сформулированная закономерность характеризует внутригодовой ход активности Солнца и сопряжённых с ней процессов. Что же касается многолетнего аспекта анализа ситуации, то около ста лет назад А. Л. Чижевский эмпирическим образом установил, что «большинство эпидемических эпох лежат на *подъёмах и падениях кривой* <солнечной активности...>, предпочтительно появляясь за 2,3 года до максимума, подчиняясь фактору, ещё нам неизвестному». А «в годы минимального напряжения в деятельности Солнца мы встречаем небольшие и пространственно изолированные эпидемии, за незначительным исключением».

Действительно, эпидемическая ситуация первой четверти XXI века характеризовалась распространением в обществе ряда биологических агентов, включая так называемые коронавирусы (лат. *coronaviridae*) – семейство +РНК-вирусов, поражающих млекопитающих, в т. ч. человека, птиц и земноводных, причём максимумы трёх эпидемий пришлись на фазы *спада* активности Солнца, то есть на интервалы *максимальных по абсолютной величине скоростей* изменения предикторов солнечной активности (таблица).

Типы коронавирусов, определявшие эпидемическую ситуацию первой четверти XXI века

Индекс	Обнаружен, год	Фаза цикла	Распространение	Фаза цикла
<i>HCoV-HKU-1</i>	01.2004	IV, спад	Глобальное	IV, спад
<i>SARS-CoV-1</i>	2002	IV, спад начало	02.2003 – 29 стран; 03.2003 – оповещение ВОЗ	IV, спад
<i>MERS-CoV</i>	Осень 2012	III, максимум начало	Лето 2015 – 23 страны	IV, спад начало
<i>SARS-CoV-2</i>	Декабрь 2019	I, минимум	2020-2022	II, подъём

Наш прогноз изменения параметра $F10.7$ [2], а также его первой производной [3], показан на рис. 2.

Этот прогноз временного хода параметра солнечной активности позволил допустить, что, начиная с лета (обычно, с конца лета – начала осени, в силу графика массовых отпусков), мировое сообщество, включая население Российской Федерации, столкнётся с очередным всплеском заболеваемости актуальными штаммами *COVID-19* и других вирусных (и бактериальных) инфекций. Детализация картины роста заболеваемости будет определяться сезонной динамикой активности Солнца.

Применительно к рис. 2, отметим, что, по сути, результатом расчёта является *детализированный тренд*, полученный без использования в модели высокочастотных мод, позволяющий говорить лишь о датах характерных изменений. Как следствие, по такой модели возрастает глубина прогноза, но снижается адекватность отражения ею экстремальных значений параметра – максимумов и минимумов. Тем не менее, модель показала фактически состоявшийся максимум 2025 года.

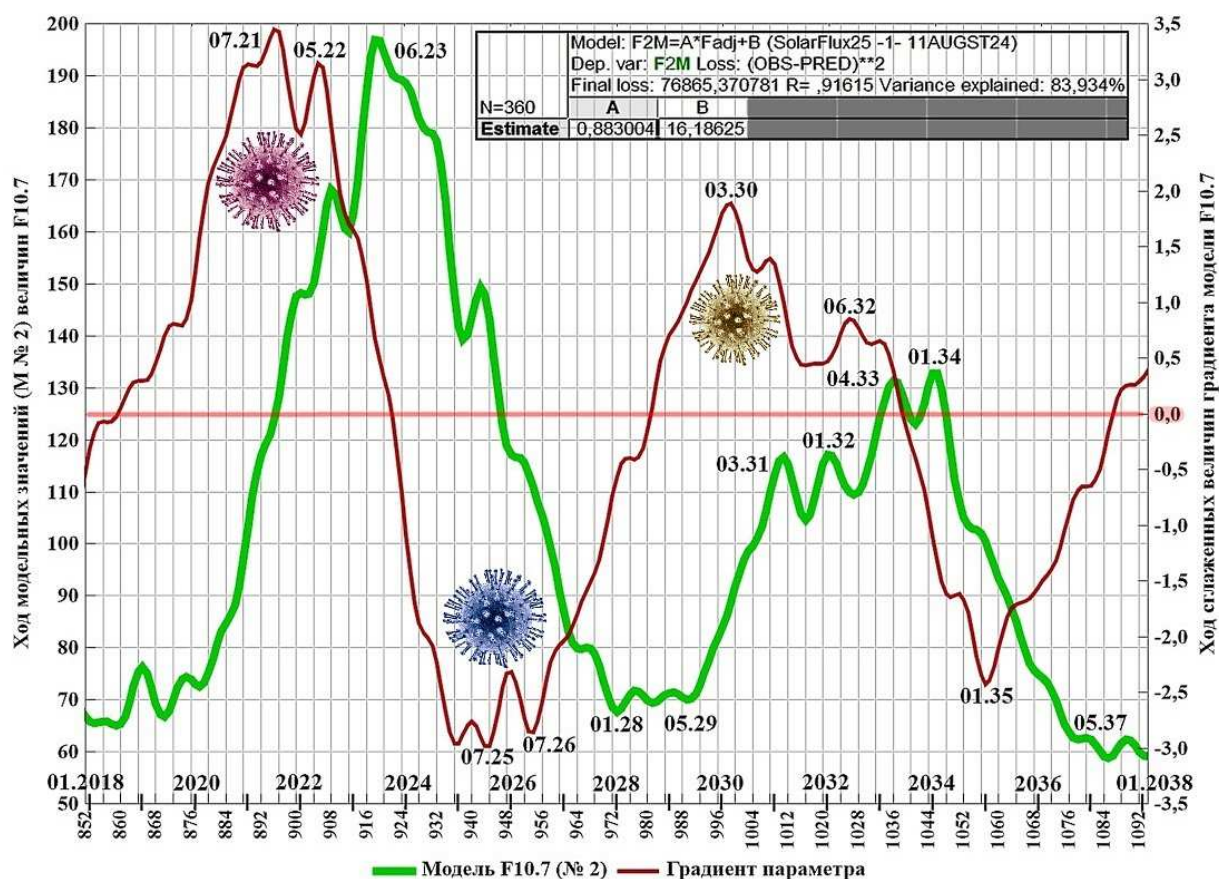


Рис. 2. Результаты анализа и прогноза динамики параметра солнечной активности $F10.7$ и величин его градиента, сглаженных окном Р. У. Хэмминга длиной 24 месяца

Показанный на рис. 2 ход расчётного градиента $F10.7$ характеризуется непостоянной дисперсией. Поэтому рассмотрим динамику – в границах трёх циклов – величин SD градиента, осреднённых за один год (рис. 3).

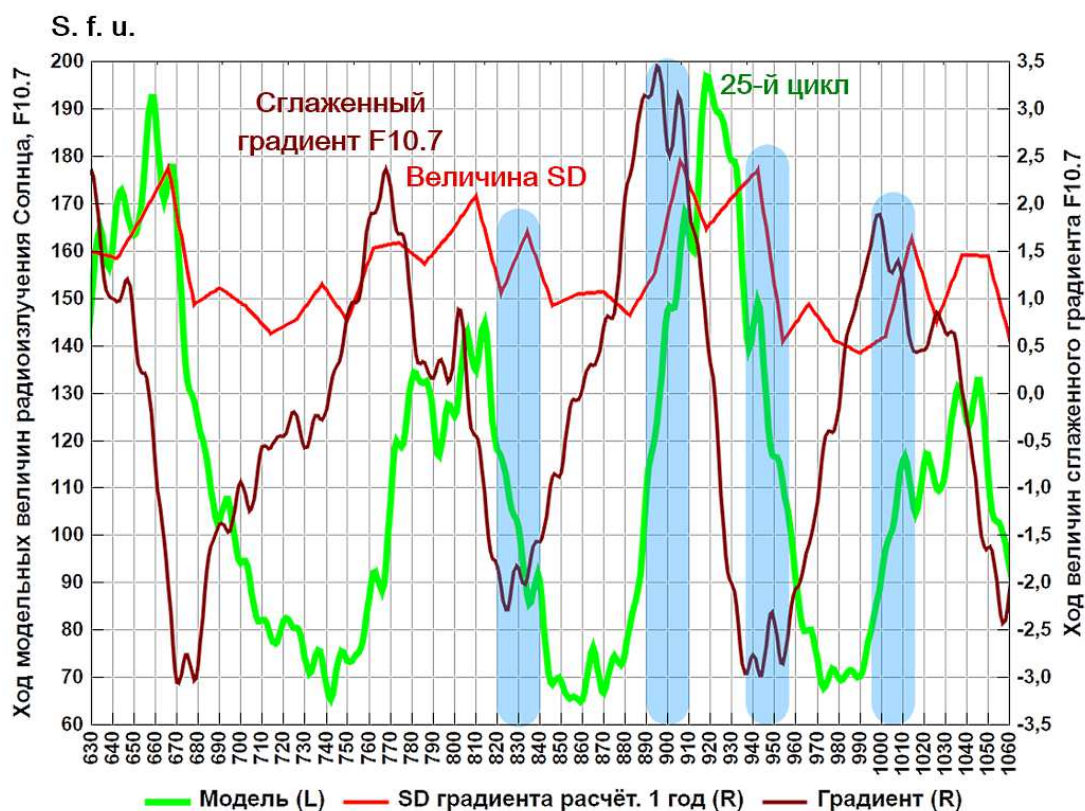


Рис. 3. Фазы прохождения экстремумов градиентом параметра солнечной активности и величинами его стандартного отклонения, осреднёнными за один год

Согласно рис. 3 (вертикальное тонирование), фазам максимальной по абсолютной величине скорости изменения параметра солнечной активности, в целом, соответствуют интервалы максимальной дисперсии расчётных градиентов; точка записи параметра – июнь каждого года. Поэтому сформулированную ранее закономерность о возможном влиянии на свойства биологических систем, включая вирусы и бактерии, скорости изменения гелиогеофизических факторов окружающей среды следует дополнить тезисом о *комбинированном воздействии на системы* не только экстремумов скорости, но и экстремумов дисперсии скорости (возможно, речь идёт о механизме «двойного ключа», запускающего реагирование систем).

В этом случае начало 2030-х годов ($arg \geq 997$) окажется отмечено сочетанием максимумов и скорости изменения $F10.7$, и её стандартного отклонения. С одной стороны, речь ещё не будет идти о третьей фазе историометрического цикла А.Л. Чижевского, с которой учёный связывал наиболее драматичные события социальной истории, включая «горячие фазы» военных конфликтов, однако, геополитические, эпидемические и иного рода риски возрастут. Разделяющий 25-й и 26-й циклы минимум отмечен околонулевыми значениями скорости изменения $F10.7$. и минимумом её дисперсии.

Вероятной причиной временной локализации сезонных максимумов солнечной активности и координируемых ими процессов можно назвать динамику соотношения вариаций TSI_{SA} и TSI_{CMP} (от англ. *total solar irradiance*; TSI_{SA} – вариации солнечного излучения, связанные с изменением активности самого

Солнца, *solar activity*; TSI_{CMP} – вариации, сопряжённые с небесно-механическими процессами, *celestial mechanical process*) [4].

В 2025 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) отслеживала распространение «нескольких вариантов *SARS-CoV-2*, включая один представляющий интерес вариант (*VOI*) *JN.1* и семь вариантов, находящихся под мониторингом (*VUMs*). На *JN.1* приходилось 15,0 % случаев заражения на первой неделе 2025 года. Распространённость штаммов *XEC* и *LP.8.1* составляла, соответственно, 44,8 % и 4,7 %. <...> Двадцать четыре страны (10 %) сообщили о случаях смерти от *COVID-19*, а 79 стран (34 %) сообщили о новых случаях заражения *COVID-19*, начиная с 9 декабря 2024 года и по 5 января 2025 года. <...> О госпитализации и поступлении пациентов в отделения интенсивной терапии сообщалось, по крайней мере, один раз, в 37 (16 %) и 28 (12 %) странах соответственно» ([https:// www.who.int/ publications/m/item/covid-19-epidemiological-update-edition-176](https://www.who.int/publications/m/item/covid-19-epidemiological-update-edition-176); 13.02.25).

Согласно данным ВОЗ, с середины февраля 2025 года глобальная активность *SARS-CoV-2* начала расти, а доля положительных результатов тестов достигла 11 %, что не наблюдалось с июля 2024 года. Рост заболеваемости отмечался в странах Юго-Восточной Азии, западной части Тихого океана, Восточного Средиземноморья, Евросоюзе и США ([https:// media.az/world/pandemiya-ne-otstupayet-voz-fiksiruet-rost-zabolevaemosti-koronavirusom](https://media.az/world/pandemiya-ne-otstupayet-voz-fiksiruet-rost-zabolevaemosti-koronavirusom); 28.05. 2025).

Например, по сообщению Центра по контролю и профилактике заболеваний (CDC), в конце марта – начале апреля 2025 года в США, среди пассажиров, прибывающих в аэропорты Калифорнии, штата Вашингтон, Вирджинии и Нью-Йорка, выявлен новый штамм *NB.1.8*; дополнительные случаи зарегистрированы в Огайо, Род-Айленде и на Гавайях. Тесты, проведенные CDC в аэропортах, выявили масштабы распространения вируса: пассажиры, инфицированные этим вирусом, путешествовали через Китай, Японию, Южную Корею, Францию, Таиланд, Нидерланды, Испанию, Вьетнам и Тайвань ([https:// nypost.com/2025/05/27/us-news/new-covid-19-strain-from-china-that-saw-massive-hospitalizations-spike-spreads-to-us/](https://nypost.com/2025/05/27/us-news/new-covid-19-strain-from-china-that-saw-massive-hospitalizations-spike-spreads-to-us/)).

В начале октября 2025 года заместитель министра здравоохранения республики Беларусь, главный государственный санитарный врач Светлана Нечай констатировала, что до Беларуси добрался штамм *стратус*: «Мы продолжаем активно путешествовать... Движение вируса остановить невозможно. В Республике Беларусь *стратус* есть... Учитывая его высокую заразность, на фоне невысокой патогенности, доля этого вируса растёт» ([https:// belta.by/society/view/minzdrav-novyj-variant-koronavirusa-stratus-ne- vyzyvaet-bolee-tjazhelogo-techenija-bolezni-740465-2025/](https://belta.by/society/view/minzdrav-novyj-variant-koronavirusa-stratus-ne-vyzyvaet-bolee-tjazhelogo-techenija-bolezni-740465-2025/)).

Нами выполнено моделирование динамики вновь зарегистрированный случаев заболевания населения различными штаммами *COVID-19* в России за одну полную неделю (тысяч человек, Z), отражённых в сообщениях Роспотребнадзора ([www. rospotrebnadzor.ru/about/info/news/...=5742272; t.me/rospotrebnadzor_ru](http://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/...=5742272;t.me/rospotrebnadzor_ru))

В графическом виде временной ход фактических величин прироста коли-

чества заболевших, а также фоновой ($R = 0,727$) и диагностической компонент ряда ($R = 0,956$), представлен на рис. 4.

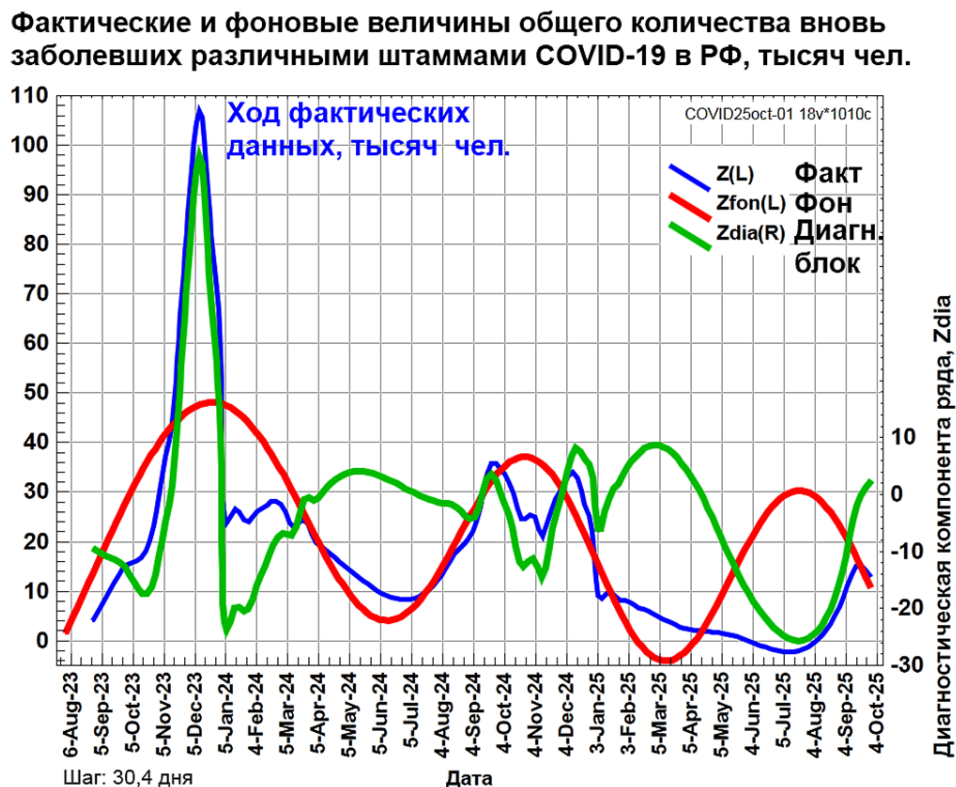


Рис. 4. Временная динамика прироста общего количества заболевших штаммами *COVID-19* в РФ, а также компонент изучаемого ряда

Расчёт базируется на стандартной геофизической идее, согласно которой характеризующий «поле» ряд представляет собой сумму фоновой, или трендовой, и диагностической компонент. Последняя, как правило, пригодная для спектрального анализа. График спектральной плотности компоненты *Zdia* приведён на рис. 5.

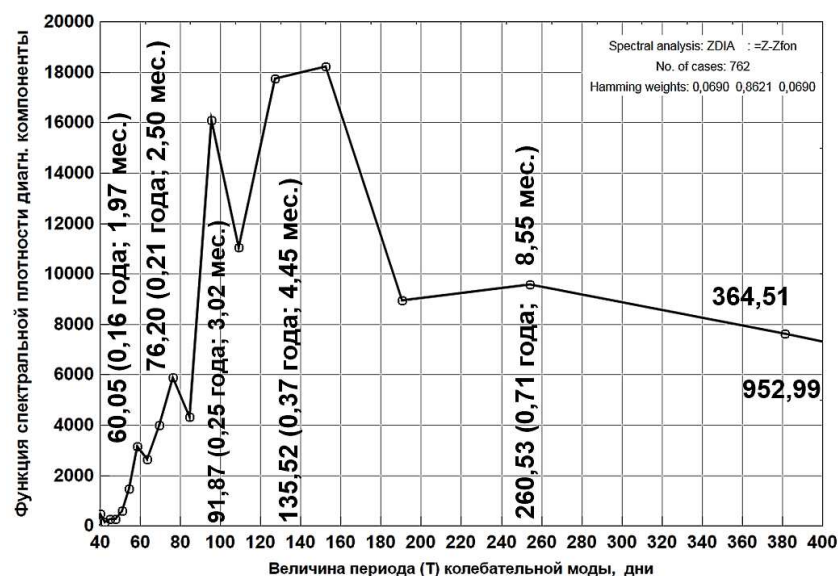


Рис. 5. График функции спектральной плотности диагностической компоненты ряда

Анализ ритмов, характеризующих динамику эпидемического процесса в границах принятого временного интервала, позволяет допустить «пересечения» этого результата с рубежными ритмами эшелона D (малые социальные группы: их субкультуры, мотивы жизнедеятельности и поведенческие паттерны), входящего в состав предложенной нами классификации ритмов социально-исторического развития, обладающей чертами регулярного строения (рис. 6).

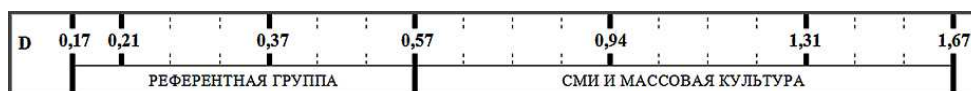


Рис. 6. Фрагмент классификации ритмов социально-исторического развития

Действительно, в данном построении ритмы с периодами 0,16; 0,21; 0,37; 0,998 месяца играют роль рубежных, разделяющих соседние блоки. Остальные ритмы (см. рис. 5) входят в состав этих блоков, за исключением моды фоновой компоненты модели эпидемического процесса ($T = 2,61$ года; половина т. н. делового цикла с $T \approx 5$ лет, согласно оценкам Комитета по деловому циклу Конгресса США; блок «биржевая экономика»). По-видимому, это подчёркивает роль социальных коммуникаций, организованных спецификой малых групп, в распространении вирусных патологий.

Приближение фактических данных по заболеваемости *COVID-19* Роспотребнадзора формальной линейной моделью в графическом виде отражает рис. 7.



Рис. 7. Временная динамика фактических и модельных величин заболеваемости *COVID-19*

Позиции, отмеченные на графике символом «*», по сути, являются *прогнозными*, поскольку, в силу отсутствия части фактических данных, их невысокой точности (данные характеризовались категориями «не менее» или

«более»), а также не критического использования для «восстановления» пропусков сплайн-интерполяции, они получены в результате формального расчёта. Тем не менее, российский пик заболеваемости конца весны – начала лета 2025 года вполне согласуется с глобальной динамикой распространения штаммов *COVID-19*, рассмотренной ранее.

Учитывая фактическое продолжение эпидемии *COVID-19*, 22.08.2025 года состоялось заседание коллегии Роспотребнадзора. Обсуждались вопросы формирования единой системы предупреждения и реагирования на угрозы санитарно-эпидемиологического характера стран СНГ, а также усиления надзора в условиях высокого *риска межвидового перехода* вирусов зоонозного гриппа. И эта повестка – отнюдь не случайна. По информации заместителя председателя Совета безопасности РФ Д. А. Медведева, многие виды растений, животных и микроорганизмов могли быть преднамеренно завезены в Россию из т. н. недружественных стран, как способ биологической войны против нашего государства. Подобное видение разделяет экс-советник генерального секретаря ООН И. В. Никулин. Возможно, что даже *COVID-19* попал в Россию, в основном, с территории Украины, где с октября 2019 года в городе Мерефа Харьковской области «проводились испытания этого вируса» (ранее – Мерехва, в состав которого входит посёлок Селекционное, в 25 км от Харькова). В целом же, против России ведётся перманентная биологическая война ([https:// lenta.ru/news/2025/09/10/rossiyan-predupredili-o-permanentnoy-biologicheskoy-voynе/](https://lenta.ru/news/2025/09/10/rossiyan-predupredili-o-permanentnoy-biologicheskoy-voynе/)).

Однако стоит особо подчеркнуть, что ещё в начале 1990-х годов, возможно, в тексте аналитической записки для Президента России (Доклады Академии наук, приложение «Наука» Независимой газеты), советский и российский биохимик, заведующий кафедрой молекулярной биологии (1972-2012) биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова академик А. С. Спирин дал определение понятию «*биологическое оружие*»: «Непредсказуемо возникшие в природе *или* вышедшие из-под контроля искусственные биологические агенты, эффективно поражающие человека, животных и растения, в случае *сознательного* их использования рассматриваются как биологическое оружие». По сути, учёным предложены *квалификационные признаки*, позволяющие достоверно констатировать факт применения биологического оружия: 1) способность эффективно поражать широкий спектр биологических систем и 2) преднамеренность подобных действий. При этом проблематика происхождения биологического агента, которая ныне акцентируется Западом, выносится за скобки обсуждения, как несущественная.

Список литературы

1. Чижевский А.Л. *Земля в объятиях Солнца*. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. – (Антология мысли).
2. Хадарцев А.А., Волков А.В. *Результаты моделирования динамики солнечной активности как фактора, организующего ход социальных процессов // Известия Тульского государственного университета. – Серия «Науки о Земле». – Выпуск 3 / под ред. Н.М. Качурина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – 628 с. – С. 22-34.*

3. Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – 348 с. – URL: <http://www.semikonf.ru/archive>.

4. Федоров В.М. Солнечная радиация и климат Земли. – М.: Физматлит, 2018. – 232 с.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЭЛЕМЕНТЫ ЛАНДШАФТА

Ю.Н. Пушилина, М.О. Гнутова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В данной статье исследуется пространственное разнообразие ландшафта, рассматриваются ключевые факторы и элементы, формирующие разнообразие ландшафта. Особое внимание уделяется возрастающей роли антропогенного фактора, который становится ведущей силой трансформации ландшафтов, создавая новые, сложные и зачастую фрагментированные структуры.

Ландшафт, окружающий человека, никогда не бывает полностью однородным. Взгляд, брошенный из окна самолета или с вершины холма, открывает сложную, живую картину – чередование лесов и полей, извилистые ленты рек, пятна населенных пунктов, грациозные линии холмов. Эта естественная мозаика, эта неоднородность земной поверхности и носит название пространственного разнообразия ландшафта. Оно является фундаментальным свойством природы, возникающим в результате непрерывного взаимодействия мощных сил – геологических, климатических, биологических и, все чаще, человеческих [1].

Формирование этого удивительного узора – процесс длительный и многогранный. Его основы закладываются глубоко в недрах земли тектоническими движениями, которые создают крупные формы рельефа: горные хребты, впадины, плато [2].

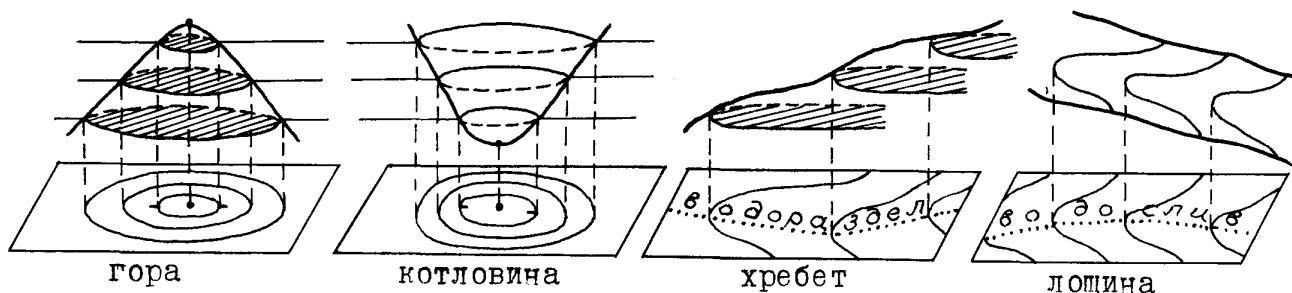


Рис 1. Формы рельефа

На эту первооснову воздействуют внешние силы – климат, вода, ветер и лед. Климат, распределяя тепло и влагу по земной поверхности, формирует

широтную зональность, обуславливая смену арктических пустынь тундрой, тайгу – степями, а степи – пустынями. Внутри этих глобальных поясов рельеф и геологическое строение создают свою, аazonальную, пестроту. Так, река, прорезающая равнину, создает уникальную долину с пойменными лугами и обрывистыми берегами, а ветер на побережье наносит дюны, совершенно отличные от окружающих их территорий.

Живая природа не просто заполняет предоставленное ей пространство, но и активно его преобразует. Растительность, формируя почву и микроклимат, создает специфические условия для жизни. Деятельность таких инженеров экосистем, как бобры, кардинально меняет локальный ландшафт, превращая лесной ручей в каскад прудов. Однако в современном мире главным ландшафтообразующим фактором стал человек. Его хозяйственная деятельность – распашка целинных земель, вырубка лесов, строительство городов и дорог – дробит естественные ландшафты, создавая новые, антропогенные элементы. Сельскохозяйственное поле, городской парк, заброшенный карьер – все это части новой, сложной мозаики.

Пространственное разнообразие – это не просто эстетическая категория. Оно имеет огромное практическое значение и является залогом устойчивости природных систем. Разнообразный ландшафт, подобно богатому портфелю инвестиций, менее уязвим перед лицом рисков. Лесные массивы регулируют водный режим территорий, предотвращая паводки и засухи; сложный рельеф с чередованием склонов разной экспозиции создает множество экологических ниш, обеспечивая высокое биологическое разнообразие. Именно в зонах контакта, на стыках разных ландшафтных единиц – например, где лес встречается с лугом или река с берегом, – наблюдается наибольшая концентрация жизни.

Понимание законов пространственной организации ландшафта легло в основу прикладных наук. В сельском хозяйстве оно трансформировалось в концепцию ландшафтно-адаптивного земледелия, которое предполагает, что каждому элементу рельефа, каждому типу почвы должна соответствовать своя культура и своя технология ее возделывания. Это позволяет не только повышать урожайность, но и сохранять природные ресурсы. В градостроительстве учет ландшафтного разнообразия позволяет выбирать наиболее безопасные и удобные участки для застройки, сохраняя при этом ценные природные объекты – речные долины, леса, озера – и интегрируя их в зеленый каркас города, что значительно повышает качество городской среды.

К сожалению, современная хозяйственная деятельность зачастую направлена на упрощение и унификацию ландшафта. Крупные массивы сплошных рубок, гигантские поля-монокультуры, разрастание городов приводят к исчезновению мелких природных элементов, которые играют ключевую роль в поддержании экологического баланса. Ландшафты становятся фрагментированными, разрезанными на изолированные островки автомагистралями и трубопроводами, что нарушает пути миграции животных и ведет к обеднению фауны.

Таким образом, пространственное разнообразие ландшафта представляет

собой жизненно важный ресурс, от сохранения которого зависит благополучие как природных экосистем, так и человеческого общества. Задача современности – не просто использовать этот ресурс, но и бережно его сохранять, управляя территорией таким образом, чтобы поддерживать и восстанавливать ее структурную сложность и устойчивость. Рациональное, основанное на глубоком понимании природных закономерностей планирование землепользования – это не дань моде, а необходимое условие для устойчивого и гармоничного развития цивилизации в будущем [4].

Ландшафт, подобно сложному музыкальному произведению или архитектурному ансамблю, складывается из отдельных элементов, находящихся в непрерывном взаимодействии. Эти элементы образуют единую систему, где каждый компонент играет свою уникальную роль, а их сочетание создает бесконечное разнообразие природных картин. Традиционно элементы ландшафта подразделяют на природные, составляющие его основу, и антропогенные, наложившиеся на природную канву в результате человеческой деятельности.

Фундаментом любого ландшафта служит рельеф. Это скелет территории, определяющий ее общий облик и характер. Рельеф может быть грандиозным и монументальным, как в случае горных хребтов, уходящих своими вершинами в облака, или спокойным и плавным, как на обширных равнинах. Между этими крайностями существует множество переходных форм: холмистые возвышенности, ступенчатые плато, глубоко врезынные речные долины и овраги [3]. Рельеф не просто задает внешний вид местности; он активно управляет процессами на поверхности, перераспределяя солнечное тепло и атмосферную влагу. Так, южные склоны холмов всегда получают больше тепла, чем северные, а в понижениях рельефа скапливается холодный воздух и влага, создавая условия для формирования лугов или даже болот.

Непосредственно с рельефом связано геологическое строение – те горные породы, которые слагают земную толщу. Одни породы, как, например, граниты или известняки, образуют прочный, устойчивый каркас, часто выступая на поверхность в виде скальных обнажений. Другие, как глины или пески, легко поддаются размыву, формируя мягкие, сглаженные формы. Именно от характера материнской породы зависят плодородие будущих почв и особенности водного режима.

Жизнь в ландшафт приносит вода. Гидрографическая сеть – это кровеносная система любого природного комплекса. Крупные реки выступают его главными артериями, а их многочисленные притоки-ручьи – капиллярами. Озера, подобно драгоценным камням, вправлены в ландшафтную оправу, становясь его композиционными центрами. Болота, часто недооцененные, выполняют роль гигантских губок, накапливающих влагу и постепенно отдающих ее в реки, поддерживая стабильный сток [5]. Даже скрытые от глаз подземные воды оказывают мощное влияние, питая корни растений и определяя устойчивость склонов.

На подготовленном рельефом и геологической основой фундаменте зарождается и развивается, пожалуй, самый динамичный элемент ландшафта –

почвенный покров. Почва – это уникальное природное тело, живой организм, где неорганическая материя встречается с органической. Процесс почвообразования невероятно медленный; для формирования всего нескольких сантиметров плодородного слоя могут потребоваться столетия. Разные типы почв – богатые черноземы, бедные подзолы, плотные глинистые почвы – определяют возможности для развития иных форм жизни, в первую очередь растительности.

И именно растительность формирует видимый, легко узнаваемый облик ландшафта – его зеленую одежду. Она может быть густой и пышной, как в таежных лесах, или скромной и приземистой, как в тундре или степи. Растительный покров чутко реагирует на малейшие изменения условий: состав пород, увлажнение, экспозицию склона. Древесные сообщества – леса – создают собственную, сложно организованную среду с особым микроклиматом. Травянистые формации [2] – степи, луга, болота – образуют другой тип пространства, открытого и светлого. Растительность не просто украшает ландшафт, она скрепляет почву корнями, смягчает климат, производит кислород и дает пищу и кров бесчисленным обитателям.

Животный мир, будучи наиболее подвижным элементом, является завершающим штрихом в картине ландшафта. Его представители – от мельчайших насекомых до крупных копытных и хищников – выступают активными участниками экологических процессов: опылителями растений, санитарами, потребителями и распространителями семян. Их присутствие или отсутствие служит тонким индикатором состояния всей экосистемы.

Наконец, в современном мире неотъемлемой частью большинства ландшафтов стали антропогенные элементы. Это и сельскохозяйственные угодья – аккуратно распаханное поле и ухоженные сады, и линейные сооружения – прорезающие местность дороги и каналы, и, конечно, населенные пункты – от маленьких деревень до огромных городов. Эти элементы вносят в природную среду свою логику и ритм, зачастую кардинально преобразуя исходную структуру ландшафта, создавая новую, смешанную реальность, где природное и рукотворное переплетаются в единое целое.

Таким образом, ни один элемент ландшафта не существует сам по себе. Рельеф, воды, почвы, растительность, животный мир и деятельность человека связаны невидимыми, но прочными нитями взаимовлияния. Именно это взаимодействие и порождает то бесконечное разнообразие и ту захватывающую дух красоту, которые мы называем ландшафтом Земли.

Список литературы

1. Колбовский Е.Ю. *Ландшафтоведение* / Е.Ю. Колбовский. – М.: Академия, 2006.
2. Гусев А.П. *Курс лекций «Основы ландшафтоведения»*. – Гомель 2006
3. <https://ru.wikipedia.org>
4. https://www.work5.ru/spravochnik/geografija/landshaftovedenie_i_geograficheskiy_landshaft

ЭКОЛОГИЧНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

Ю.Н. Пушилина, Е.И. Комягина
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Статья посвящена вопросам экологичной реконструкции и реставрации. Сегодня особое внимание уделяется сохранению исторических памятников архитектуры, сочетая традиционные методы реставрации с современными экологическими технологиями.*

Экологичность стала важным аспектом практически всех сфер человеческой деятельности, включая строительство и реконструкцию зданий. Сегодня особое внимание уделяется сохранению исторических памятников архитектуры, сочетая традиционные методы реставрации с современными экологическими технологиями. Этот процесс направлен на минимизацию воздействия на окружающую среду, сохранение природных ресурсов и повышение энергоэффективности реконструируемых объектов.

Экологичная реконструкция представляет собой комплекс мероприятий, направленных на восстановление и обновление здания с минимальным ущербом для окружающей среды. Она включает в себя использование экологически чистых материалов, технологий энергосбережения и повторного использования строительных отходов. Основная цель – создать комфортное пространство для проживания и работы, которое соответствует современным требованиям экологической устойчивости.

Основные принципы экологичной реконструкции:

1 Использование местных материалов: предпочтение отдается материалам, произведенным вблизи места строительства, что снижает выбросы углекислого газа, связанные с транспортировкой.

2 Энергосберегающие технологии: внедрение солнечных панелей, тепловых насосов и других альтернативных источников энергии позволяет значительно снизить потребление электроэнергии и уменьшить углеродный след.

3 Эффективное управление ресурсами: повторное использование воды, установка систем сбора дождевой воды и грамотное распределение ресурсов способствуют снижению нагрузки на природные запасы.

4 Минимизация строительного мусора: применение современных методов утилизации и переработки строительных отходов помогает сократить количество отходов, отправляемых на свалки.

5 Биоразнообразие: озеленение крыш, создание садов и парков вокруг реконструированных зданий способствует улучшению качества воздуха и повышению уровня биоразнообразия.

Примеры успешной экореставрации в России. Одним из ярких примеров является проект реконструкции исторического центра города Ярославля. Здесь были использованы современные технологии утепления фасадов, установки солнечных батарей и системы сбора дождевой воды. Это позволило сохранить

исторический облик города, одновременно снизив энергопотребление и улучшив качество жизни жителей.

Еще одним примером служит проект восстановления старинных особняков в Москве. Благодаря применению инновационных решений, таких как пассивные окна и теплоизоляционные материалы, удалось существенно повысить уровень комфорта и снизить затраты на отопление и кондиционирование помещений.

Преимущества экореставрации для городской среды многочисленны и разнообразны. Вот некоторые ключевые плюсы:

1. Улучшение экологической обстановки

Повышение энергоэффективности: Использование современных изоляционных материалов и энергосберегающих технологий снижает потребление энергоресурсов и уменьшает нагрузку на городские сети.

Озеленение: Создание зеленых зон, вертикальное озеленение и сады на крышах улучшают микроклимат, снижают температуру летом и повышают уровень кислорода в воздухе.

Переработка отходов: Применение технологий вторичного использования строительных материалов сокращает объем отходов, направляемых на полигоны.

2. Экономический эффект

Снижение эксплуатационных расходов: Современные решения позволяют экономить на отоплении, охлаждении и освещении зданий, что положительно сказывается на бюджете горожан.

Рост инвестиционной привлекательности: Экореставрированные объекты становятся привлекательными объектами недвижимости, повышая стоимость соседних территорий и стимулируя развитие бизнеса

3. Социальные выгоды

Комфортное проживание: Улучшенные условия внутри восстановленных зданий обеспечивают жителям лучшее качество жизни благодаря комфортным условиям, хорошим акустическим характеристикам и качественной вентиляции.

Создание рабочих мест: Проектирование и реализация экореставраций требуют квалифицированного персонала, что создает новые рабочие места и стимулирует экономическое развитие региона.

4. Культурная ценность

Сохранение архитектурного наследия: Реставрация исторических зданий сохраняет культурное наследие города, обеспечивая преемственность традиций и поддерживая уникальность городского ландшафта.

При проведении экореставрационных работ широко применяются разнообразные экологичные строительные материалы, обладающие высокими характеристиками долговечности, эффективности и соответствия принципам охраны природы. Рассмотрим наиболее распространенные из них:

1. Древесина

Древесина является возобновляемым ресурсом, легко перерабатываемым и безопасным материалом. Для повышения её долговечности используют

специальные покрытия и пропитки на натуральной основе, защищающие дерево от влаги, гниения и насекомых. Особенно популярны деревянные конструкции при восстановлении деревянных домов и церквей.

2. Камень и кирпич

Каменные стены обладают отличной теплоаккумуляционной способностью, хорошо сохраняют прохладу летом и тепло зимой. Кирпич также часто используется в сочетании с деревом и металлом для облицовочных и декоративных целей.

3. Стекло и стеклообои

Стеклопакеты высокого класса энергосбережения помогают снизить теплопотери через оконные проемы. Стеклоблоки и стеклянные панели способны заменить устаревшие окна и витражи, восстанавливая оригинальный вид зданий.

4. Натуральный камень

Натуральный камень, такой как гранит, мрамор, известняк, обладает хорошей прочностью и эстетической привлекательностью. Его применяют для отделки фасадов, полов и лестниц, придавая зданиям роскошный внешний вид и долговечность.

5. Глина и солома

Эти натуральные материалы традиционно использовались при строительстве жилищ в сельской местности. Сейчас глина применяется в качестве утеплителя и декоративного материала, а соломенные блоки используются для возведения стен, обеспечивающих отличную звукоизоляцию и теплосбережение.

6. Бамбук и джут

Легкий вес бамбука делает его идеальным выбором для перекрытий, потолков и перегородок. Джутовые волокна используются для изготовления ковровых покрытий, тканей и упаковки, обладая превосходными изолирующими свойствами.

7. Льняные ткани и войлок

Леновая ткань обладает прекрасными антисептическими качествами, отлично подходит для изоляции межэтажных перекрытий и стен. Войлок имеет отличные термоизолирующие свойства и обеспечивает дополнительную защиту от шума.

8. Минеральная вата и базальтовые плиты

Эти утеплители отличаются хорошими показателями шумоизоляции и огнестойкости, идеально подходят для фасадных систем и внутренних конструкций.

9. Переработанные пластиковые изделия

Применение переработанных пластиковых бутылок и упаковок в производстве композитных материалов позволяет минимизировать отходы пластика и внести вклад в сокращение загрязнений окружающей среды.

Использование вышеперечисленных материалов в экореставрационных проектах способствует созданию уютных и экологичных пространств, улучшает здоровье обитателей и повышает привлекательность городских районов.

Таким образом, экореставрация приносит пользу городу в целом, улучшая экологическую обстановку, снижая расходы, укрепляя экономику и сохраняя культурное богатство.

Многие российские города активно внедряют концепции экореставрации и экологического обновления общественных пространств, превращая исторические районы в яркие и привлекательные зоны отдыха и жизнедеятельности. Приведём несколько успешных примеров:

Москва. Москва демонстрирует лидерские позиции в области экореставрации. Одним из ключевых проектов стало благоустройство пешеходной улицы Арбат, где реализованы зелёные насаждения, установлены солнечные батареи, а старые дома отреставрированы с использованием современных экологичных материалов. Особое внимание уделено озеленению улиц, установке фонарей на светодиодах и приспособлению уличных поверхностей для велосипедистов и пешеходов.

Санкт-Петербург. Санкт-Петербург славится своей исторической застройкой, включающей большое число памятников архитектуры. Город реализует программу экореставрации набережных рек и каналов, в частности – Большой Невы, Мойки и Фонтанки. Проведение масштабных реконструкций включает установку фонтанов, мостов, оснащённых подсветкой и солнечными панелями, создание велодорожек и зон для прогулок вдоль живописных берегов.

Екатеринбург. Екатеринбург стал одним из первых российских городов, применивших концепцию экореставрации промышленных зон. Заводская территория была преобразована в современное общественное пространство с креативными кластерами, спортивными площадками и кафе. Большое внимание уделялось зеленым зонам, благоустройству набережной реки Исеть и модернизации зданий бывших заводов, использовавшихся под музеи и арт-пространства.

Казань. Казань выделяется успешным проектом благоустройства территории Казанского Кремля и прилегающего парка Тысячелетия. Комплексная программа экореставрации предусматривала модернизацию инфраструктуры, улучшение доступности для маломобильных групп населения, организацию освещения и проведение ландшафтных работ с целью улучшения экологии района.

Сочи. В рамках подготовки к Олимпийским играм 2014 года Сочи провёл значительную работу по восстановлению прибрежных зон и лесов, осуществил реконструкцию набережных, пляжей и лесопарков. Один из центральных элементов проекта – парк «Южные культуры», созданный с применением передовых подходов экореставрации, включавших высадку деревьев и кустарников редких видов.

Пермь. Город Пермь давно практикует политику экореставрации своих знаменитых промзон. Программа направлена на превращение заброшенных заводских площадей в культурно-развлекательные центры, общественные пространства и парки. Наиболее известный пример – Арт-кластер «Тихвинский», ставший символом нового подхода к обновлению промышленных пространств.

Подводя итог, успешные практики экореставрации общественных пространств показывают, насколько важно сохранять и преобразовать городскую среду, используя современные подходы и инновационные решения. Эти проекты вносят значительный вклад в формирование комфортной и привлекательной городской среды, отражают заботу властей о сохранении культурных ценностей и заботятся о будущем наших городов.

Список литературы

1. Иванов А.А. *Экологическое обновление городских пространств России: теория и практика* / А.А. Иванов, Б.Б. Петров. – Москва: Изд-во МГУ, 2023. – 380 с.
2. Киселёва О.В. *Архитектурная реставрация и экология в современном городском пространстве* / О.В. Киселёва. – СПб.: Нестор-История, 2022. – 256 с.
3. Серёгин Д.С. *Модели экореставрации в условиях урбанизации: опыт Екатеринбурга и Перми* / Д.С. Серёгин // Вестник УрФУ. Гуманитарные науки. – 2023. – № 3. – С. 114-128.
4. Новикова Е.И. *Историко-культурное наследие и эко-реставрация Петербурга* / Е.И. Новикова, Ю.Н. Левин. – Петербург: Норма, 2022. – 210 с.
5. Матвеев Р.М. *Проектирование экореставрированных зон в Москве: технологии и перспективы* / Р.М. Матвеев. – Москва: Альпина Паблишер, 2023. – 180 с.
6. Горшкова Л.П. *Социально-экологические эффекты экореставрационных мероприятий в Сочи* / Л.П. Горшкова // Проблемы региональной экологии. – 2023. – № 2. – С. 157-165.
7. Петрова А.Ю. *Современная экореставрация: интеграция природоохранных и архитектурных принципов* / А.Ю. Петрова. – Казань: Центр научных изданий, 2023. – 235 с.

ОРГАНИЧНОЕ ВПИСЫВАНИЕ ЗДАНИЙ В ОКРУЖАЮЩЕЕ ПРОСТРАНСТВО

В.И. Кулакова

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются принципы гармоничного вписывания архитектурных объектов в существующую среду с двойным акцентом: на сохранении историко-культурного наследия и бережном отношении к природному ландшафту. В данной работе рассматривается, как современные проекты могут учитывать сложившуюся градостроительную структуру и одновременно минимизировать вмешательство в экосистему территории.

Ключевые слова: органичная архитектура, историческая среда, ландшафт, культурное наследие, экологичное проектирование, местные материалы, российская практика.

Современная архитектура всё чаще сталкивается с необходимостью не просто возводить функциональные и выразительные здания, но и гармонично вписывать их в сложившуюся среду – как историческую, так и природную. Понятие «органичное вписывание» предполагает уважительное отношение к двум аспектам места: его культурной памяти и экологической целостности. Такой подход отражает переход от парадигмы «строительства вопреки» к философии сотрудничества с контекстом, что особенно актуально в условиях роста числа проектов реконструкции и повышенного внимания к охране природы.

Одним из ключевых принципов органичного проектирования является учёт масштабно-пространственного контекста. В исторических городах, таких как Тула, Псков или Суздаль, современные постройки должны гармонировать с существующей застройкой: по высоте, ритму фасадов, цветовой гамме и пропорциям оконных проёмов. Новое здание должно не имитировать орнамент старого окружения, а скорее включаться в историческую логику пространства, его материальность, масштаб, форму, а затем подхватывать и развивать [1]. В этом смысле органичность – это не стилизация под старину, а современная интерпретация местного архитектурного кода, позволяющая новому зданию стать естественным продолжением улицы или квартала.

Не менее важна и интеграция в природный ландшафт. Фрэнк Ллойд Райт – американский архитектор, создатель «органической архитектуры» и приверженец открытого плана, считал, что здания должны становиться частью ландшафта, а не противопоставляться ему. По его словам, дом должен «вырастать» из земли, а не быть построенным на ней [2]. Это означает, что проект должен учитывать рельеф, растительность, гидрологию и микроклимат участка. В российской практике всё чаще применяется принцип минимального вмешательства: здания располагаются на сваях, повторяют контуры склона или частично заглубляются в землю, чтобы сохранить существующий ландшафт. Такие решения не только снижают воздействие на окружающую среду, но и повышают энергоэффективность за счёт естественной теплоизоляции грунта.

Важную роль играет и гармония материалов. Использование местных, природных материалов – дерева, камня, кирпича – способствует визуальному слиянию здания как с исторической застройкой, так и с природным окружением. Любомир Костронь в своей книге «Психология архитектуры» подчеркивает, что архитекторы должны черпать вдохновение в природе, поскольку именно в этом диалоге архитектура и окружающая среда могут «звучать в унисон» [3]. Этот принцип ярко проявляется в проектах, реализуемых в экологически и культурно значимых зонах. Например, на Байкале и в Карелии широко используются местный камень и сибирская лиственница, что создаёт ощущение естественного продолжения ландшафта. Так, в проекте рекреационного комплекса в посёлке Большое Голоустное на берегу Байкала предполагается использовать именно местные материалы, чтобы минимизировать визуальное и экологическое воздействие на окружающую среду (рис. 1). Аналогичный подход демонстрирует проект храма в посёлке Куркиёки (Карелия), разработанный

мастерской «Прохрам»: высокий цоколь, облицованный грубым местным камнем, буквально «врастает» в скалу, делая здание неотъемлемой частью рельефа (рис. 2).



Рис.1. Рекреационный комплекс в посёлке Большое Голоустное на озере Байкал



Рис.2. Проект храма в посёлке Куркиёки

Нормативная база также закрепляет этот двойной приоритет. Так, в СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» прямо сказано, что при проектировании следует «обеспечивать улучшение экологического и санитарно-гигиенического состояния окружающей среды поселений и прилегающих территорий, а также сохранять памятники истории и культуры» [4]. Это подчёркивает одинаково важную роль как природного, так и культурного наследия в современной градостроительной практике.

К сожалению, не всегда новые объекты удачно вписываются в окружающую среду. Нередко встречаются случаи, когда современные здания нарушают силуэт города или игнорируют рельеф, что приводит к эрозии почвы и уничтожению растительности. Такие ошибки подчёркивают необходимость строгого градостроительного и экологического регулирования, а также участия в экспертизе проектов специалистов по охране культурного наследия и ландшафтных архитекторов.

Таким образом, органичное вписывание зданий в окружающее пространство – это не дань моде, а стратегическая необходимость сохранения

культурной самобытности и природных богатств России. Оно сочетает в себе архитектурное мастерство, уважение к истории и бережное отношение к природе. Как писал Жан Нувель, лауреат Притцкеровской премии, «Архитектура должна быть продолжением окружающей среды, а не её противопоставлением»» [5]. В условиях растущего давления на исторические и природные территории этот принцип становится всё более актуальным – не только для архитекторов, но и для градостроителей, заказчиков и общества в целом.

Список литературы

1. <https://news.rambler.ru/community/51867842-mezhdu-tvorchestvom-i-raschetom-arhitektury-o-gorodskoy-identichnosti/>
2. <https://portfolio.gmk.ru/esta>
3. Костроня Л. Психология архитектуры / Л. Костроня. – Харьков: Гуманитарный центр, 2018. – 320 с.
4. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». – М.: Минстрой России, 2016.
5. <https://rudesignshop.ru/blog/frantsuzskie-arhitektory/>.

СОВРЕМЕННЫЙ ГОРОД – ТЕРРИТОРИЯ НЕРЕШЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Ю.Н. Пушилина, Д.В. Лощинин
Тульский государственный университет
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые экологические проблемы современных городов, возникшие в результате стремительной урбанизации и роста антропогенной нагрузки на окружающую среду. Автор анализирует причины деградации городской экосистемы – загрязнение воздуха, воды и почвы, сокращение зелёных зон, нарушение естественных природных процессов.

Ключевые слова: современный город, урбанизация, экология, архитектура, устойчивая среда, зелёные технологии, градостроительство.

Современный город – это сложный живой организм, в котором переплетаются интересы человека, экономики и природы. Урбанизация последних десятилетий привела к росту плотности застройки, транспортных потоков и антропогенного воздействия на окружающую среду. Несмотря на развитие «зелёных» технологий и рост экологической осознанности, города XXI века по-прежнему остаются источником множества экологических проблем. Они становятся пространствами противоречий: между комфортом и устойчивостью, развитием и сохранением, архитектурой и природой.

Урбанизация и её экологические последствия. Масштабная урбанизация ведёт к неравномерному распределению природных и земельных ресурсов. Рост городов часто сопровождается:

✓ исчезновением природных территорий – парков, лугов, лесов, прибрежных зон;

- ✓ уплотнением застройки, что повышает температуру воздуха, усиливает эффект «городского теплового острова»;
- ✓ увеличением уровня загрязнения воздуха вследствие транспортных выбросов и работы промышленности;
- ✓ дефицитом зелёных насаждений, необходимых для естественной фильтрации воздуха и поддержания микроклимата.

Современная архитектура часто стремится к визуальному эффекту и технологичности, но не всегда учитывает экологическую устойчивость. Например, остеклённые фасады, характерные для современных деловых центров, увеличивают тепловую нагрузку и энергопотребление, что косвенно усиливает выбросы углекислого газа.

Проблема загрязнения и «невидимые» угрозы. Среди наиболее острых экологических проблем городов выделяются загрязнение воздуха, воды и почвы.

Воздушное загрязнение – результат работы транспорта, отопительных систем и промышленных предприятий. Оно напрямую влияет на здоровье жителей, вызывая заболевания дыхательной системы.

Загрязнение воды происходит из-за устаревших систем водоочистки и сброса неочищенных стоков. В крупных мегаполисах значительная часть сточных вод поступает в водоёмы без достаточной фильтрации.

Проблема шума и светового загрязнения становится всё более актуальной, влияя на психическое здоровье горожан и экосистему в целом.

Эти угрозы зачастую невидимы, но именно они формируют ощущение дискомфорта и истощения, характерное для жизни в мегаполисах.

Несовершенство городской экосистемы. Современный город редко воспринимается как экосистема, хотя, по сути, ею является. Он имеет свои «потоки» – энергетические, водные, транспортные, информационные. Однако эти потоки редко выстроены гармонично.

Отсутствие замкнутых циклов переработки отходов приводит к росту мусорных полигонов.

Недостаток «зелёной инфраструктуры» – парков, зелёных крыш, вертикальных садов – снижает биологическое разнообразие.

Избыточное использование асфальта и бетона нарушает естественный водообмен, усиливая риск подтоплений.

Город, построенный без экологической логики, теряет устойчивость: становится зависимым от внешних ресурсов, энергозатратным и уязвимым к климатическим изменениям.

Роль архитектора в решении экологических проблем. Современная архитектура и градостроительство должны переосмыслить своё отношение к природе. Архитектор XXI века – не просто создатель формы, а медиатор между человеком и средой.

Основные направления экологически ответственной архитектуры:

- ✓ проектирование энергоэффективных зданий с использованием солнечной и ветровой энергии;
- ✓ зеленые крыши и фасады, восстанавливающие баланс кислорода и влаги;

✓ внедрение принципов «городов коротких расстояний», где повседневные потребности доступны пешком или на велосипеде;

✓ реновация промышленных зон и превращение их в общественные пространства с природным ландшафтом.

Архитектура становится инструментом не только эстетического, но и экологического воспитания. Каждый элемент городской среды – от площади до скамейки – может быть частью устойчивой экосистемы.

Путь к экологическому городу будущего. Решение экологических проблем города требует комплексного подхода:

✓ на уровне планирования – интеграция природных структур в архитектурные решения, сохранение водных и зелёных каркасов;

✓ на уровне технологий – развитие систем утилизации, энергоэффективных материалов, альтернативных источников энергии;

✓ на уровне образования и культуры – формирование экологического мышления у горожан.

Примером могут служить такие концепции, как «умный город» (smart city), «зелёная архитектура», «биоурбанизм», где человек живёт в диалоге с природой, а не против неё.

Заключение. Современный город – это не просто территория, где сосредоточена жизнь миллионов людей, но и зеркало отношения общества к природе. Пока экологические проблемы остаются нерешёнными, устойчивое развитие невозможно.

Архитекторы, урбанисты, инженеры и жители должны совместно переосмыслить понятие комфорта, отказавшись от избыточного потребления в пользу разумного взаимодействия с окружающей средой.

Только тогда город перестанет быть территорией экологических конфликтов и станет пространством гармонии между человеком и природой.

Список литературы

1. Хомич В.А. *Экология городской среды: учебное пособие для вузов* / В.А. Хомич. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. 267 с. (доступно на krfu.ru).

2. Майснер Т.Н. *Экологическая безопасность города: история и современность: монография* / Т.Н. Майснер. – Москва: Русайнс, 2023. – 269 с. (доступно на book.ru).

3. Никоноров С.М. *Устойчивое развитие городов: коллективная монография* / С.М. Никоноров, К.В. Папенов, К.С. Ситкина (ред.). – Москва: Экономический факультет МГУ, 2019. (доступно на esg-library.mgimo.ru).

4. Ренц А.И., Слепнев М.А. *Экологические основы планировки городов: учебно-методическое пособие* / А.И. Ренц, М.А. Слепнев. – Москва: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2022. – ISBN 978-5-7264-3043-0. (доступно на mgisu.ru).

5. Никонова Е.Р. *Архитектурная экология: учебное пособие* / Е.Р. Никонова. – Москва: ЭБС Лань, 2016. (доступно на library.pgias.ru).

6. Григорьев В.А. *Экологизация городов в мире, России, Сибири. Обзор.* (доступно на dront.ru).

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗОНЫ ГОРОДА – ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ. ОБНОВЛЕНИЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН. РОЛЬ ПОГРАНИЧНЫХ УЧАСТКОВ МЕЖДУ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ИНОЙ ЗОНОЙ

Ю.Н. Пушилина, А.А. Афанасьев
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные проблемы экологической реконструкции промышленных зон в условиях современного города. Анализируются две ключевые стратегии трансформации: технологическое обновление существующих производств с модернизацией санитарно-защитных зон (СЗЗ) и их полное перепрофилирование с изменением функционального назначения территорий.*

***Ключевые слова:** промышленные зоны, экологическая реконструкция, санитарно-защитная зона (СЗЗ), перепрофилирование, пограничные территории, буферные зоны, городская среда, устойчивое развитие.*

Исторически сложившаяся планировочная структура многих крупных городов постсоветского пространства характеризуется наличием обширных промышленных зон, нередко расположенных в непосредственной близости от жилой застройки. Интенсивная урбанизация XX века привела к тому, что изначально периферийные промышленные узлы оказались интегрированы в центральные части городов. Это порождает комплекс острых проблем, связанных с химическим и шумовым загрязнением, деградацией почв и водных объектов, а также социально-экономической депрессией прилегающих территорий.

Ключевым инструментом, призванным минимизировать негативное воздействие на население, является санитарно-защитная зона (СЗЗ). Однако действующие нормативы зачастую не учитывают кумулятивный эффект от множества источников загрязнения, изменение розы ветров в условиях плотной застройки и необходимость создания полноценной буферной экосистемы. В этой связи вопрос экологической реконструкции промышленных зон, включая пересмотр подходов к организации СЗЗ, приобретает первостепенное значение для устойчивого развития городов.

Цель данного исследования – проанализировать стратегии экологической реконструкции промышленных территорий, оценить эффективность обновления versus перепрофилирования СЗЗ и обосновать критическую роль пограничных участков в формировании устойчивой городской среды.

Исследование базируется на системном подходе, включающем методы сравнительного анализа, градостроительного планирования и ландшафтного проектирования. Проведен анализ научной литературы, нормативно-правовой базы, регулирующей установление СЗЗ, а также успешных (кейсов) ревитализации промышленных территорий в России и за рубежом. Используются методы картографирования и зонирования для выявления функциональных и экологических конфликтов на пограничных участках.

1. Стратегии экологической реконструкции промышленных зон

В настоящее время сформировались два основных вектора трансформации промышленных территорий.

- **Технологическое обновление и модернизация СЗЗ.** Данная стратегия применима к действующим предприятиям, которые сохраняют свой профиль. Ее суть заключается во внедрении наилучших доступных технологий (НДТ), что позволяет значительно снизить объемы эмиссии вредных веществ. Следствием этого является возможность сокращения установленной СЗЗ, что высвобождает земельные ресурсы для иного использования. Однако экологическая реконструкция в данном случае не ограничивается лишь сокращением зоны. Она предполагает ее качественное преобразование: создание многоярусных зеленых насаждений (деревья, кустарники, газоны), выполняющих не только барьерную, но и рекреационную функцию, организацию систем фитомелиорации и биоплато для очистки поверхностных стоков.

- **Полное перепрофилирование.** Эта стратегия применяется к недействующим или убыточным предприятиям, чье дальнейшее функционирование в городской черте признано нецелесообразным. Освобождаемые территории (броунфилды) подвергаются комплексной санации, включая ремедиацию почв и очистку грунтовых вод. Последующее функциональное наполнение таких зон может быть крайне разнообразным: от создания бизнес-парков и логистических хабов до размещения жилых кварталов и объектов социальной инфраструктуры. В данном контексте понятие СЗЗ в ее классическом понимании исчезает, уступая место принципам экологического каркаса и комфортной городской среды.

2. Санитарно-защитная зона: от барьера к буферному экотону

Традиционно СЗЗ воспринимается как ограничительная территория, предназначенная лишь для разведения функций. Современный подход предлагает рассматривать ее как активный буферный экотон – переходную зону между двумя контрастными средами. Эффективная СЗЗ должна быть спроектирована как многофункциональный ландшафтно-экологический комплекс, выполняющий следующие функции:

- **Импактную:** прямое поглощение и нейтрализация загрязняющих веществ (пыли, газов).

- **Средообразующую:** формирование благоприятного микроклимата (увлажнение, затенение, снижение шума).

- **Рекреационную и эстетическую:** создание пространств для кратковременного отдыха и визуальной изоляции промышленных объектов.

Таким образом, обновление СЗЗ – это не просто формальное соблюдение нормативов по расстоянию, а комплексное ландшафтно-архитектурное мероприятие, повышающее экологическую устойчивость города в целом.

3. Роль пограничных участков в синтезе городской ткани

Пограничные территории, или интерфейсы, между промышленной и иной (селитебной, рекреационной) зоной являются зонами повышенного градостроительного и экологического риска, но одновременно и огромного

потенциала. Именно здесь наиболее остро проявляются конфликты городского землепользования.

Неорганизованные пограничные участки часто представляют собой заброшенные земли, стихийные свалки, источники деградации окружающей среды. Их стихийное развитие усугубляет сегрегацию городского пространства.

Целенаправленное проектирование этих зон позволяет решить несколько задач:

1. Создание плавного функционального перехода. Вместо резкого градостроительного разрыва можно создать цепочку последовательно сменяющих друг друга функций: от чисто технологических → к научно-исследовательским и офисным → к деловым и общественно-торговым → к рекреационным и, наконец, к жилым.

2. Формирование «зеленого шва». Система озелененных пространств, парков линейного типа, велодорожек, пронизывающая пограничную зону, интегрирует промышленную территорию в общегородскую структуру, разрывая ее изоляцию.

3. Повышение социальной и экономической активности. Размещение в буферной зоне объектов, не чувствительных к близости производства (гипермаркеты, спортивные комплексы, технопарки), оживляет территорию, создает новые рабочие места и точки притяжения.

Управление развитием пограничных территорий требует междисциплинарного подхода и тесного взаимодействия между промышленными предприятиями, муниципальными властями, девелоперами и местным сообществом.

Заключение

Экологическая реконструкция промышленных зон современного города является не локальной задачей, а комплексной проблемой, требующей системного решения. Выбор между обновлением существующего производства с модернизацией СЗЗ и полным перепрофилированием территории должен основываться на детальном технико-экономическом и эколого-градостроительном анализе.

Ключевым выводом исследования является необходимость переосмысления роли санитарно-защитных и, в особенности, пограничных зон. Они не должны оставаться «ничьими землями» или просто барьерами. Их трансформация в активно функционирующие буферные экотоны, интегрированные в общегородской экологический и социально-функциональный каркас, является залогом устойчивого и комфортного развития городской среды. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку количественных методов оценки эффективности таких буферных систем и нормативного закрепления интегрального подхода к проектированию пограничных территорий.

Список литературы

1. Воронов А.В. Урбоэкология: учебное пособие / А.В. Воронов, Е.А. Семенова. – М.: Академический Проект, 2020. – 455 с.

2. Григорьев В.Я. Реконструкция промышленных зон: экологические и градостроительные аспекты / В.Я. Григорьев // Градостроительство. – 2019. – № 4(58). – С. 45-52.

3. Методические рекомендации по установлению размеров санитарно-защитных зон промышленных предприятий. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2018.

4. Туев В.А. Броунфилды: проблемы редевелопмента и интеграции в городскую среду / В.А. Туев, Е.М. Коркина // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 178-187.

5. Формирование устойчивой городской среды / Под ред. И.С. Ивановой. – СПб.: Профессия, 2022. – 320 с.

6. Berger A. Drosscape: Wasting Land in Urban America / A. Berger. – New York: Princeton Architectural Press, 2019. – 288 p.

7. Kirkwood N. Manufactured Sites: Rethinking the Post-Industrial Landscape / N. Kirkwood. – London: Taylor & Francis, 2020. – 272 p.

8. Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Раздел «Формирование комфортной городской среды». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/activities/gorodskaya-sreda/> (дата обращения: 15.10.2025).

9. Проект «Чистый воздух». Федеральный портал. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://чистыйвоздух.рф/> (дата обращения: 16.10.2025).

10. Рейтинг экологического развития городов России. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecodata.ru/ratings/eco-city/> (дата обращения: 14.10.2025).

11. Sustainable Brownfield Regeneration: A Case Study Handbook. – CABERNET Network. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.brownfield.lt/uploads/veikla/CABERNET_Handbook.pdf (дата обращения: 17.10.2025).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Ю.Н. Пушилина, Е.И. Булычева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Освоение подземного пространства сегодня становится одним из самых амбициозных направлений развития городов. Статья раскрывает, как современные технологии, экология и архитектура объединяются, чтобы превратить подземную среду в комфортное и функциональное продолжение городской жизни. Рассматривается потенциал таких проектов для решения проблем перенаселения, рационального использования территории и создания устойчивого «города будущего».

Освоение подземного пространства в последние десятилетия всё активнее привлекает внимание инженеров, архитекторов и урбанистов. С ростом

плотности застройки и ограниченностью доступных территорий в мегаполисах человечество вынуждено искать новые направления для развития. Подземное пространство становится логичным и технологически обоснованным решением этой проблемы. Оно открывает возможности не только для размещения инфраструктуры, но и для формирования принципиально нового уровня взаимодействия человека с городской средой [1].

Исторически первые шаги в освоении подземного пространства были продиктованы потребностью человека в безопасности и стабильных условиях существования. Ещё в древности люди создавали пещерные поселения и катакомбы, где температура оставалась постоянной, а стены защищали от врагов и непогоды. Со временем эти убежища превратились в целые подземные города – например, в Каппадокии (на территории современной Турции) сохранились многоуровневые поселения, рассчитанные на тысячи жителей. Позже подземные пространства начали использовать для хранения продуктов, создания винных погребов и защиты стратегических объектов. Настоящий прорыв произошёл в XIX веке с появлением первых метрополитенов – Лондона, Парижа и Будапешта. Эти транспортные системы не только решили проблему городских заторов, но и стали началом масштабного перехода к систематическому освоению подземного уровня города. Сегодня под землёй располагаются не просто коммуникации и склады, а целые комплексы с офисами, спортивными залами, галереями и жилыми пространствами, что превращает подземный мир в полноценное продолжение городской инфраструктуры [2].

Современные технологии делают возможным строительство на значительных глубинах и в сложных геологических условиях, где раньше подобные проекты считались невозможными. Инженеры используют компьютерное моделирование для анализа структуры грунта, прогнозирования осадок и расчёта оптимальной формы сооружений. Технологии информационного моделирования (BIM) позволяют проектировать подземные объекты с учётом всех инженерных систем ещё до начала строительства. Это снижает риски и экономит ресурсы. В последние годы активно применяются бурошнековые и микротоннельные технологии, обеспечивающие высокую точность и минимальное воздействие на окружающую застройку. Особое внимание уделяется безопасности: используются армированные бетонные конструкции с самозалечивающимися трещинами, многоуровневые системы вентиляции и датчики утечек газа. Кроме того, внедряются роботизированные системы контроля и обслуживания тоннелей, способные проводить инспекцию без участия человека. Всё это формирует новый стандарт инженерного подхода к освоению подземного пространства [3].

Отдельное направление развития – экологическое проектирование подземных пространств. В условиях глобального изменения климата и роста энергопотребления такие объекты обладают рядом преимуществ. Под землёй сохраняется относительно стабильная температура, что снижает затраты на отопление и кондиционирование. Энергия может поступать от геотермальных источников, а вентиляция – использовать естественные потоки воздуха. Кроме

того, перенос части инфраструктуры под землю помогает освободить городские территории для зелёных насаждений, парков и общественных зон, что благоприятно сказывается на качестве жизни горожан [4].

Однако освоение подземного пространства сопряжено не только с техническими, но и с психологическими вызовами. Людям традиционно ближе открытые пространства и солнечный свет, поэтому создание комфортной подземной среды требует особого внимания к архитектурным и дизайнерским решениям. Использование световодов, отражающих поверхностей, биофильного дизайна и продуманной акустики позволяет формировать ощущение простора и уюта. Архитекторы экспериментируют с цветом, формами и материалами, чтобы подземные помещения воспринимались не как временные или утилитарные, а как полноценная часть городской среды [4].

Города, активно развивающие подземное строительство, уже демонстрируют преимущества такого подхода. В Токио, Монреале, Хельсинки, Сингапуре и Москве созданы многоуровневые комплексы, где подземные переходы переходят в магазины, офисы и станции метро, образуя цельную систему. Это не только удобно, но и повышает безопасность, особенно в условиях экстремальных погодных явлений. Кроме того, подземные сооружения могут служить укрытиями или центрами гражданской защиты, что делает их важным элементом устойчивого города [5].

Одним из наиболее показательных примеров рационального освоения подземного пространства является подземный комплекс RESO-City в Хельсинки. В этом городе под землёй расположено более 400 объектов – от парковок и складов до бассейнов, спортивных залов и дата-центров. Система объединена сетью тоннелей и коммуникаций, что позволяет эффективно использовать пространство и снижает нагрузку на поверхность. При строительстве учтены климатические особенности региона: подземные сооружения защищены от промерзания, а тепло, выделяемое техническими помещениями, частично используется для обогрева близлежащих зон. Опыт Хельсинки демонстрирует, как подземная инфраструктура может органично вписываться в общую городскую систему, обеспечивая устойчивое развитие и высокий уровень комфорта.

Научные исследования в области геотехнической инженерии и материаловедения продолжают развиваться. Появляются новые подходы к утилизации выемочного грунта, методы борьбы с деформациями пород, технологии 3D-печати конструкций и автоматизации строительных процессов. Всё это делает освоение подземного пространства экономически более выгодным и экологически безопасным [4].

В ближайшем будущем роль подземных пространств будет стремительно возрастать. Развитие концепции «умного города» делает возможным создание целых подземных экосистем, где все процессы – от освещения и вентиляции до транспортных потоков и энергообмена – управляются автоматически. Уже сейчас в Японии и Сингапуре разрабатываются проекты подземных жилых и коммерческих зон с автономными энергосистемами и цифровыми двойниками,

которые моделируют поведение сооружения в реальном времени. Это позволяет прогнозировать износ конструкций, контролировать климат и даже регулировать психологический комфорт жителей. В будущем подземные пространства могут стать не просто дополнением, а равноправным уровнем городской среды – с собственными парками, школами и зонами отдыха. Их развитие тесно связано с концепцией устойчивого развития и энергоперехода, ведь размещение инфраструктуры под землёй помогает сократить углеродный след и сделать мегаполисы экологичнее и безопаснее для жизни.

Освоение подземного пространства – это не просто поиск новых площадей, а шаг к переосмыслению самой структуры города. Оно позволяет выстроить многоуровневую, гибкую и устойчивую систему, в которой человек и технологии сосуществуют с окружающей средой в балансе. В этом направлении скрыт огромный потенциал, способный изменить облик будущих мегаполисов и задать новое направление развитию цивилизации.

Список литературы

1. Беляев В.Л. Планирование градостроительного освоения подземного пространства г. Москвы / В.Л. Беляев // Журнал Вестник МГСУ. – 2013. – №1. – С.35-46.
2. Шульгин П.Н. История освоения подземного пространства / П.Н. Шульгин // Журнал Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – №1. – С.1-10.
3. Коротаев В.П. Москва: градостроительный потенциал подземного пространства / В.П. Коротаев // Градо: журнал о градостроительстве и архитектуре. – 2011. – №2. – С.71-81.
4. Алексеев Ю.В. Подземные здания и сооружения как системный элемент взаимодействующих пространственных сред развития городской территории / Ю.В. Алексеев, В.Л. Беляев // Журнал Вестник МГСУ. – 2012. – №2. – С.6-10.
5. Денисова Ю.В. К вопросу необходимости освоения подземного пространства городов / Ю.В. Денисова, Г.В. Коренькова // Журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – №11. – С.99-103.

АНАЛИЗ САМЫХ «ГРЯЗНЫХ» ГОРОДОВ РОССИИ

В.В. Козеев

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье анализируется критическое состояние атмосферного воздуха в промышленных городах России. Рассматриваются критерии оценки загрязнения, включая ПДК и классы опасности вредных веществ. Подчеркивается необходимость совместных усилий государства, бизнеса и общества для обеспечения права граждан на благоприятную окружающую среду.

Чистый воздух и вода – основа жизни на нашей планете, однако сегодня их качество стремительно ухудшается под воздействием промышленных выбросов, транспорта и хозяйственной деятельности человека. Каждый вдох и каждый глоток воды могут содержать опасные для здоровья вещества. Как оценить степень загрязнения и что делать для защиты окружающей среды?

Качество атмосферного воздуха оценивается по комплексу физических, химических и биологических показателей. Существуют строгие нормативы для каждого загрязняющего вещества – предельно допустимые концентрации (ПДК). В России регулируется более 1000 различных соединений, каждое из которых относится к одному из четырех классов опасности. Специалисты выделяют два основных типа загрязнения: природное (естественное), вызванное извержениями вулканов и лесными пожарами, и техногенное (антропогенное) – результат деятельности человека, наиболее опасное и способное достигать глобальных масштабов. В атмосферу попадают вещества в различном состоянии: газообразные (летучие углеродные и углеводородные соединения), жидкие (растворы кислот, щелочей, солей) и твердые (органические соединения, тяжелые металлы). Для точного определения концентрации вредных веществ проводятся лабораторные исследования аккредитованными организациями.

Согласно СанПиН 2.1.6.1032-01 [1], загрязнение воздуха оценивается по трем уровням: повышенное (превышение ПДК до 6 раз), высокое (превышение до 13 раз) и очень высокое (превышение более 14 раз). Все вредные вещества разделены на четыре класса опасности: чрезвычайно опасные (свинец, ртуть), высокоопасные (серная и соляная кислоты), умеренно опасные (табак, ксилол) и малоопасные (керосин, ацетон). Основные источники вредных выбросов – нефтедобывающая и перерабатывающая промышленность, автотранспорт, энергетика и различные производства. Особую опасность представляют поллютанты, которые разрушают легочную ткань (диоксиды серы и кремния), ухудшают зрение (оксид азота) и вызывают сердечно-сосудистые заболевания (оксид углерода). Только систематический контроль и строгое соблюдение экологических стандартов могут обеспечить нам и будущим поколениям право дышать чистым воздухом.

Безусловным лидером антирейтингов уже долгие годы остается Норильск. Основной источник проблем здесь – горнометаллургический комбинат «Норникель», обеспечивающий колоссальные выбросы диоксида серы, на который приходится основная доля по стране, а также тяжелых металлов – никеля и меди. Город регулярно оказывается в режиме так называемого «черного неба» [2], а последствия выливаются в высокую заболеваемость органов дыхания среди населения и деградацию арктической экосистемы из-за кислотных дождей. Схожие вызовы, хотя и в иных климатических условиях, стоят перед крупнейшими центрами черной металлургии – Череповцом и Липецком. В Череповце градообразующее предприятие «Северсталь» формирует превышение до 53 норм ПДК [3]. Высокие концентрации бензопирена, сероводорода и формальдегида, что вызывает регулярные жалобы жителей на химические смоги и создает значительную нагрузку на здоровье горожан и состояние Рыбинского

водохранилища. В Липецке Новолипецкий металлургический комбинат ответственен за выбросы пыли, фенола и аммиака, что приводит к загрязнению не только воздуха, но и реки Воронеж, и окружающих сельскохозяйственных земель.

Особую категорию составляют крупные городские агломерации, где промышленное загрязнение усугубляется неблагоприятными географическими условиями. Ярчайший пример – Красноярск, мощный промышленный узел с алюминиевым заводом, ТЭЦ и предприятиями цветной металлургии. Проблема города – частые режимы неблагоприятных метеоусловий (НМУ), которые, словно крышкой, накрывают город, препятствуя рассеиванию вредных выбросов и приводя к образованию устойчивого смога и опасных концентраций взвешенных частиц и бензопирена. Аналогичная ситуация наблюдается в Чите, где к выбросам изношенных ТЭЦ добавляется угольное отопление частного сектора, что зимой создает чрезвычайно высокий, в разы превышающий нормы, уровень загрязнения воздуха [4].

Помимо проблем с атмосферным воздухом, ряд городов столкнулся с наследием прошлого в виде накопленного экологического ущерба. Печально известный Дзержинск Нижегородской области унаследовал гигантские запасы химических отходов с советских времен, включая такие токсичные вещества, как диоксины и фенолы, которые десятилетиями загрязняют почву и грунтовые воды. Ликвидация объектов, подобных полигону «Белое море», требует колоссальных финансовых вложений и сложных инженерных решений [5].

Среди городов с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой особого внимания заслуживает Тула – регион, где многовековые промышленные традиции обернулись серьезными экологическими вызовами. Исторически сложившаяся концентрация промышленных предприятий в городе привела к системному ухудшению качества окружающей среды. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят крупные промышленные гиганты, прежде всего Тульский «Чермет» завод и другие предприятия металлургического комплекса, которые работают здесь десятилетиями. Экологическая ситуация в Туле характеризуется стабильно высокими показателями по содержанию в воздухе взвешенных частиц, диоксида азота, формальдегида и других вредных веществ. Особую тревогу вызывает то, что многие жилые районы города расположены в непосредственной близости от промышленных зон, что приводит к постоянному воздействию вредных выбросов на население [6].

Таким образом, анализ позволяет сделать несколько системных выводов. Во-первых, экологические «горячие точки» сконцентрированы в регионах с доминированием металлургической, нефтехимической и угольной энергетики. Во-вторых, для многих городов Сибири и Урала ключевым усугубляющим фактором выступает географический, когда климатические условия препятствуют рассеиванию вредных примесей. В-третьих, наряду с текущими выбросами, остро стоит проблема исторического наследия – накопленного экологического ущерба. В качестве стратегических направлений для выработки

резолюции конференции предлагается рассмотреть следующие меры. Это стимулирование модернизации производств через развитие программ государственно-частного партнерства для внедрения наилучших доступных технологий; ужесточение экологического контроля и усиление мониторинга, в том числе с привлечением систем общественного наблюдения; приоритетное развитие системы обращения с отходами, направленной на переработку и утилизацию, а также реализация программ по ликвидации объектов накопленного вреда. Решение экологических проблем в этих городах – это не только вопрос охраны природы, но и фундаментальная задача обеспечения здоровья и качества жизни миллионов россиян, требующая консолидированных усилий государства, бизнеса и общества.

Список литературы

1. СанПиН № 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населённых мест»
2. <https://tass.ru/proisshestviya/20790537>
3. <https://tass.ru/obschestvo/24965505>
4. <https://бпизекс.рф/ecology/ehkologiya-krasnoyarska-uroven-zagryazneniya-vozduha-po-rajonam>
5. <https://www.nn.ru/text/ecology/2025/06/18/75599303/>
6. <https://myslo.ru/club/blog/narodniyzhurnalist/a63QMx7mS0a1EtOEYmRCA>

ГАРМОНИЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АРХИТЕКТУРЫ С ПРИРОДНЫМИ СТИХИЯМИ И ЭЛЕМЕНТАМИ

С.М. Журавлева

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье исследуется тема гармоничного взаимодействия архитектуры с природными стихиями и элементами, включая систематизацию и анализ существующих приемов взаимодействия архитектуры с природой, выявление преимуществ и ограничений различных подходов, а также интеграцию современных решений с учетом особенностей конкретных условий и потребностей человека.

Ключевые слова: городская среда, экология, архитектура, городское пространство, взаимодействие, природа, стихия, здание, гармонизация.

Взаимодействие архитектуры с природой имеет глубокие корни, которые прослеживаются сквозь всю историю цивилизаций. С древнейших времён человечество стремилось не просто возводить укрытия, но и интегрировать создаваемое пространство в природную среду, используя её ресурсы, формы и энергию четырех стихий.

Первоначально эти связи были обусловлены необходимостью выживания. Пещеры служили естественной защитой от стихии, пространство между камнями использовалось для деблокировки тепла, а расположение жилищ

ориентировалось с учётом ежедневного движения солнца и ветра. Такой подход сформировал основу осмысленного взаимодействия с природой в архитектуре, которое, по мере развития общества, приобрело всё более сложные формы.

Каждая эпоха вносила свой вклад, отражая технологический уровень, культурные особенности и экологические запросы времени. Сегодня, архитектура выходит на новый уровень, используя современные технологии и природные знания для создания пространств, которые не только служат человеку, но и поддерживают естественную среду, обеспечивая устойчивость и комфорт [1]. В этом контексте становится очевидной потребность в анализе отношений между архитектурными возможностями и такими элементами, как солнечный свет, воздух, вода, огонь, растительность и материалы, добываемые из природных источников.

Начнём с солнца, которое представляет собой один из наиболее доступных и эффективных возобновляемых источников, интегрированных в архитектурное пространство для достижения оптимального уровня освещения и улучшения энергетической эффективности.

Архитекторы применяют разнообразные методы для оптимизации использования солнечного излучения: устройства солнцезащитных козырьков, жалюзи, навесов и витражей, которые регулируют уровень освещённости и тепловую нагрузку. Кроме того, грамотное проектирование, нацеленное на максимальное использование солнечного света, снижает потребность в искусственном освещении и тепловой энергии, что уменьшает эксплуатационные расходы и негативное воздействие на окружающую среду [2].

Один из ключевых методов интеграции солнечной энергии в архитектуру – ориентация здания относительно сторон света. Максимальное количество дневного света достигается посредством правильного расположения фасадов и окон. Например, южные страны, особенно в умеренных широтах, получают наибольшее солнечное излучение в течение дня. Здесь целесообразно размещать просторные окна или светопрозрачные фасады, обеспечивающие проникновение естественного света в глубину помещений. В северных регионах или там, где интенсивность света ниже, можно использовать стеклянные элементы с повышенной светопропускающей способностью и низким уровнем теплопотерь, поддерживая баланс между освещённостью и терморегуляцией.

Помимо ориентации и остекления, архитекторы активно внедряют различные конструктивные решения для усиления светового эффекта. Световые колодцы, зенитные фонари и отражающие поверхности позволяют направлять солнечный свет в удалённые части здания, где естественное освещение традиционно ограничено. В инновационных проектах все чаще применяется технология солнечных труб – отражающих элементов, которые улавливают и передают свет через узкие каналы в глубину внутреннего пространства [3,5]. Этот приём особенно полезен в плотной городской застройке, где традиционные окна не могут обеспечить достаточное освещение из-за ограничений фасадов. В некоторых архитектурных проектах практикуется использование интеграционных решений. Встраиваемые в фасады или кровлю солнечные

панели позволяют не просто использовать солнечный свет для освещения, но и преобразуют излучение в электрическую энергию.

Особое значение приобретает применение солнечной энергии и естественного освещения в общественных зданиях, так применяется зонирование по уровню освещения, прогнозируя наиболее активное использование солнечного света в основных помещениях, тогда как технические помещения и коридоры имеют меньше оконных проемов.

Воздух же, как стихия, играет двойственную роль – с одной стороны, обеспечивая необходимую вентиляцию и создание микроклимата внутри помещений, с другой, оказывая механическое воздействие посредством ветровых нагрузок.

Одним из базовых принципов становится учёт направления преобладающих ветров и аэродинамических особенностей территории. При анализе участка определяются направления господствующих воздушных потоков и их скорость, а также влияние природных преград – рельефа, растительности, водоёмов. Исходя из этих данных, формируются способы организации оконных и вентиляционных проёмов. Наиболее эффективным считается размещение их таким образом, чтобы обеспечивался свободный проход воздушных масс через жилые и общественные здания.

В условиях городской среды, где застройка плотная, и естественные ветра могут быть ограничены зданиями, особое внимание уделяется направлению и форме фасадов, а также прокладке коридоров ветра. Создание проходов между домами, грамотно ориентированные дворы и террасы становятся инструментами, используемыми для продвижения воздуха в глубину квартала. Как пример, можно привести концепцию некоторых средиземноморских городов, где за счёт узких улиц и преобладающих ветров создаётся приятная прохлада даже в жаркие месяцы. Аналогично в архитектуре северных регионов важен учёт холодных доминирующих ветров, чтобы минимизировать холодные потоки в жилых помещениях и организовать защиту с помощью зелёных насаждений и барьеров.

Современные технологии и материалы также добавляют новые возможности в создании эффективных систем естественной вентиляции. Вентилируемые фасады с открытыми или перфорированными элементами предоставляют дополнительный канал для циркуляции воздуха между внешней оболочкой и внутренним пространством стен, способствуя выводу лишней влаги и снижению температурного воздействия.

В свою очередь, вода, одновременно источник жизни и элемент природной стихии, занимает особое место в архитектуре. Ее присутствие в пространстве способно преобразить восприятие здания, придать ему глубину и выразительность, а также улучшить микроклимат и создать особую атмосферу.

Учитывая разные климатические условия и местоположение, архитекторы применяют воду в самых различных форматах. В жарких регионах создание водных каскадов, ручьев и бассейнов вблизи жилых и общественных зданий служит не только декоративной, но и практической функцией – обеспечением комфортного микроклимата.

С точки зрения композиции, вода выступает мощным инструментом для организации пространства. Впечатляющие архитектурные ансамбли с использованием каналов, бассейнов, фонтанов и водопадов демонстрируют, как вода может служить частью энергосберегающих систем или элементов, создающих звуковую и визуальную атмосферу, улучшающую восприятие пространства.

Важным свойством воды, полезным для архитектурных приемов, является ее способность отражать и преломлять свет, что используется для создания визуальной динамики пространства. Поверхность зеркальных бассейнов, фонтанов или живописных водоемов способна многократно усилить окружающие архитектурные и природные элементы. Этот оптический эффект часто помогает гармонизировать тяжелые, массивные постройки и действует как связующий элемент, который смягчает границы между искусственным сооружением и ландшафтом, делая переход более плавным и органичным.

Внедрение воды в архитектуру всегда сопряжено с техническими нюансами, требующими грамотного проектирования. Необходимость поддерживать качество жидкости, обеспечение циркуляции, предотвращение застоя и излишней влажности – все эти факторы влияют на форму и размещение элементов.

Практические примеры технически продуманного и художественно выразительного использования воды встречаются в работах как классических архитекторов, так и современных мастеров. Знаменитые фонтаны, амфитеатры с водными каскадами, отражающие бассейны на площадях, комплексные системы озеленения с водными потоками – все это демонстрирует возможности гармоничного синтеза конструктивных, природных и эстетических факторов.

Пламя и свет огня, хоть и не столь часто рассматриваются при планировании современных зданий, сохраняют свое значение через внедрение технологий отопления и освещения. Возвращаясь к истории, следует отметить, что огонь всегда был связующим элементом в обустройстве жилища. Исторически, огонь использовался как источник тепла и света, что нашло отражение в архитектурных элементах, таких как камины, очаги и световые проёмы.

В современном проектировании огонь представлен системами отопления, которые должны быть максимально эффективными и экологически безопасными. Сегодня, современные технологии включают создание энергоэффективных систем с использованием каминов, печей на возобновляемых видах топлива, а также инновационных нагревательных систем с возможностью локального управления температурой. В настоящее время, проектирование учитывает требования пожарной безопасности, обеспечивая применение огнеупорных материалов и систем раннего выявления и тушения пожара.

Помимо этих защитных мер, огонь сохраняет свою творческую роль в архитектуре, а именно применение декоративных элементов на основе свечения или подсветки в вечернее время создаёт особую атмосферу и подчёркивает форму здания.

Растительность представляет собой наиболее живую и изменчивую стихию, влияющую на архитектурный ландшафт и организацию пространства вокруг зданий. Растения способны смягчать жесткие контуры зданий, создавая визуальный и тактильный комфорт, а также способствуют установлению пространственной гармонии с природной средой.

В традиционной архитектуре часто использовались альпинарии, фруктовые сады и декоративные парки, играющие роль естественных барьеров и формирующие комфортную городскую среду. В новых проектах нередко присутствуют биофильные элементы, способствующие гармонизации отношений человека и окружающей среды.

Одним из ключевых направлений при включении зелёных насаждений в архитектуру является создание фасадов с вертикальными садами и крыш с озеленением. Они выступают в роли естественного регулятора температуры, защищая здания от перегрева в жаркое время года и снижая теплопотери зимой. Зеленые стены могут быть выполнены с помощью различных систем, таких как живые панели с вмонтированными горшками или сухие вьющиеся растения, закрепленные на каркасах. В проектах офисных и жилых комплексов часто применяются лианы и почвопокровные растения, которые не требуют сложного ухода и в то же время обеспечивают насыщенную зелёную поверхность. Практические аспекты включения зелени в архитектурные конструкции требуют учитывать климатическую специфику региона и особенности ухода.

Выбор материалов для таких конструкций играет не меньшую роль. Натуральные текстуры – дерево, камень, пробка, глина – включаемые в фасады, внутренние отделки или ландшафтные элементы, создают ощущение близости к природе и усиливают тактильные впечатления от взаимодействия с пространством. Они обладают уникальными качествами: древесина придает теплоту и уют, способна дышать и регулировать влажность, камень обеспечивает долговечность и естественную защиту, глина используется для терморегуляции. Особенное внимание уделяется устойчивому происхождению этих материалов, ведь стремление к экологии диктует необходимость минимального воздействия на окружающую среду. В свою очередь, современные технологии позволяют улучшить естественные свойства материалов, создавая композиты, которые гармонично природной средой, одновременно обеспечивая энергоэффективность и долговечность.

В итоге, привязка к природным стихиям и элементам формирует новые стандарты строительства, ориентированные на баланс между технологическим прогрессом и сохранением природного наследия. Дальнейшее развитие гармоничных взаимоотношений архитектуры и природных элементов зависит от современного комплексного подхода, основанного на тщательном анализе и понимании природных процессов. Только такой подход позволит сформировать здания и пространства, которые будут одновременно функциональными, устойчивыми и встроенными в природную среду без ущерба для экосистем и качества жизни населения.

Список литературы

1. Анисимова И.И. Уникальные дома от Райта до Гери / И.И. Анисимова. – М.: Архитектура-С, 2009.
2. Бионика. URL: http://novikov-architect.ru/organic_arch.htm
3. Гармоничное единство человека, архитектуры и ландшафта. URL: <http://suomik.com/finland/2560-organicheskaya-arxitektura-v-finlyandii.html>
4. Гнедич П.П. Мировая архитектура / П.П. Гнедич. – М.: Эксмо-Пресс, 2012. – 240 с.
5. Еремин В.Д. Современные тенденции в проектировании экологических домов / В.Д. Еремин, А.Г. Авдеева // Экспериментальные и теоретические исследования в XXI веке: проблемы и перспективы развития: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф., г. Ростов-на-Дону, 31 мая 2018 г. / Юж. ун-т ИУБиП. – С. 95-97.
6. Лебедев Ю.С. Архитектурная бионика / Ю.С. Лебедев, В.И. Рабинович, Е.Д. Положай. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.

ОЗЕЛЕНЕНИЕ ЗДАНИЙ И УЛИЦ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

А.А. Зорина

Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматривается роль озеленения зданий и улиц как ключевого фактора в формировании и развитии общественных пространств городских улиц. Проанализированы современные подходы к озеленению, их влияние на экологическую устойчивость, социальную привлекательность и архитектурно-пространственную организацию городской среды. Особое внимание уделено перспективам использования озеленения в контексте градостроительного развития общественных пространств.*

Общественные пространства городских улиц, как среда взаимодействия и жизнедеятельности горожан, играют ключевую роль в создании благоприятного микроклимата, повышении социальной активности и формировании позитивного имиджа города. Одним из наиболее эффективных инструментов улучшения качества городской среды является озеленение, причем как традиционное, так и инновационное.

Озеленение в градостроительстве рассматривается как многогранный процесс, направленный на создание, сохранение и развитие зеленых насаждений на различных территориях города [1]. Его ключевые функции включают:

- экологическую: улучшение качества воздуха, снижение уровня шума, регулирование микроклимата, сохранение биоразнообразия;
- социальную: создание комфортных условий для отдыха и общения жителей, стимулирование физической активности, повышение безопасности;
- эстетическую: формирование привлекательного внешнего облика города, повышение архитектурной выразительности зданий и улиц.

В контексте формирования общественных пространств городских улиц, озеленение играет роль катализатора градостроительного развития, способствуя созданию функционально насыщенных, эстетически привлекательных и экологически устойчивых зон притяжения.

Современные технологии и подходы к озеленению позволяют создавать разнообразные и эффективные решения, адаптированные к различным условиям и потребностям города [1]. Среди наиболее перспективных направлений выделяют:

- вертикальное озеленение: создание зеленых стен и фасадов зданий, позволяющее увеличить площадь озеленения в условиях ограниченного пространства;

- крышное озеленение: создание зеленых садов и газонов на крышах зданий, способствующее улучшению теплоизоляции, снижению ливневых стоков и созданию новых общественных пространств;

- контейнерное озеленение: использование мобильных контейнеров с растениями для создания зеленых зон на улицах, площадях и в других общественных местах. Контейнерное озеленение позволяет быстро и гибко преобразовывать городскую среду, адаптируясь к различным событиям и потребностям;

- применение современных технологий полива и ухода за растениями: использование автоматизированных систем полива, датчиков влажности почвы, технологий гидропоники и аэропоники позволяет снизить затраты на уход за растениями и обеспечить их оптимальное развитие.

Так же озеленение оказывает существенное влияние на различные аспекты градостроительного развития общественных пространств городских улиц [2].

Озеленение позволяет зонировать общественные пространства, формировать различные функциональные зоны для отдыха, игр, спорта и других видов деятельности.

Способствует формированию комфортного и привлекательного микроклимата, улучшает визуальное восприятие городской среды, создает зеленую рамку улиц и зданий.

Повышает стоимость недвижимости, привлекает туристов, стимулирует развитие малого бизнеса в сфере обслуживания общественных пространств.

Создает условия для проведения различных мероприятий, фестивалей, ярмарок, способствует укреплению социальных связей и повышению уровня доверия в обществе [3].

Перспективы использования озеленения в градостроительном развитии общественных пространств связаны с:

- интеграцией озеленения в комплексные проекты развития городской среды: разработка единой концепции озеленения всего города, увязанной с планами развития транспортной инфраструктуры, жилищного строительства и других сфер;

- применением инновационных технологий и материалов: использование новых видов растений, устойчивых к городским условиям,

применение экологически чистых материалов для строительства и благоустройства;

— вовлечением жителей в процесс озеленения: организация общественных слушаний, конкурсов и акций по озеленению, создание городских садов и огородов;

— разработкой нормативно-правовой базы: определение требований к озеленению зданий и улиц, разработка стандартов и рекомендаций по использованию различных видов озеленения.

В связи с этим озеленение зданий и улиц города является мощным инструментом формирования и развития общественных пространств, способствующим улучшению экологической обстановки, повышению социальной привлекательности и архитектурной выразительности городской среды. Интеграция озеленения в комплексные проекты развития городской среды, применение инновационных технологий и вовлечение жителей в процесс озеленения открывает новые перспективы для создания комфортных и устойчивых городов будущего. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на изучение эффективности различных видов озеленения в различных городских условиях, разработку новых технологий и методов озеленения, а также на оценку экономического и социального эффекта озеленения для городской среды.

Список литературы

1. Владимиров В.В. *Устойчивое развитие и планировка городов* / В.В. Владимиров. – М.: Архитектура-С, 2000. (Общие вопросы градостроительства и устойчивого развития).

2. Теодоронский В.С. *Озеленение населенных мест: учебное пособие для вузов* / В.С. Теодоронский. – М.: МГУЛ, 2003.

3. Яковлева Т.В. *Роль озеленения в формировании городской среды* / Т.В. Яковлева, И.Н. Шараборова // *Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее*. – 2018.

СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЛЮДЕЙ В ЕЕ ЕСТЕСТВЕННОМ СИНТЕЗЕ С ЖИВОЙ ПРИРОДОЙ

С.Р. Петросян

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В условиях ускоренной урбанизации и экологического давления возрастает необходимость создания искусственных сред обитания, органично интегрированных с живой природой. В статье рассматриваются принципы биофильного дизайна, строительства и экологической урбанистики, направленные на повышение физического и психического благополучия человека.

Ключевые слова: биофильный дизайн, искусственная среда обитания, озеленение городов, экологическая архитектура.

Современные города всё чаще становятся местами, где человек оторван от природы. Бетонные ландшафты, ограниченный доступ к зелёным зонам и высокий уровень загрязнения негативно влияют на здоровье и благополучие населения. В ответ на эти вызовы в последние десятилетия активно развивается концепция биофильного дизайна – подхода, стремящегося восстановить связь человека с природой через архитектуру, урбанистику и ландшафтное проектирование. Цель данной статьи – проанализировать научные основы создания искусственной среды обитания, органично интегрированной с живой природой, и оценить её влияние на комфорт и здоровье человека.

Эдвард О. Уилсон, американский биолог и эколога, в своей книге определяет биофилию как «врождённую склонность сосредотачиваться на жизни и жизнеподобных процессах». [1] Эта гипотеза легла в основу современных подходов к проектированию среды обитания, включая биофильный дизайн, зелёную архитектуру и экологическую урбанистику.

Согласно исследованию Стивена Келлerta и его коллег, биофильный дизайн включает три категории стратегий:

1. Прямой опыт природы (естественное освещение, растения, вода и тд);
2. Косвенный опыт природы (использование натуральных материалов, изображений природы, биоморфных форм);
3. Опыт пространства и места (планировки и формы, напоминающие природную среду) [2].

Эти принципы способствуют снижению уровня стресса, улучшению когнитивных функций и повышению общего уровня удовлетворённости жизнью.



Рис.1. Кафе Zolaism. Архитектурная студия B.L.U.E.

Современные исследования в области экопсихологии всё чаще подтверждают, что присутствие природы в повседневной среде оказывает измеримое положительное влияние на физическое и психическое здоровье человека.



Рис.2. Технология TECLA и дом, напечатанный на 3D-принтере из глины.
Архитекторы Марио Кучинелла

Одним из ключевых направлений исследований стало изучение восстановительного эффекта природы Рэйчел и Стивеном Капланами в 1980-х годах в их книге «Опыт природы: психологическая перспектива». Согласно теории восстановления внимания, люди могут концентрироваться лучше после того, как проведут какое-то время на природе или даже просто посмотрят на природные пейзажи, то есть природные пейзажи способствуют снижению когнитивного истощения и восстановлению способности к концентрации. Эксперименты с использованием функциональной МРТ показали, что просмотр природных сцен активизирует зоны мозга, связанные с эмпатией и эмоциональной регуляцией, в отличие от урбанистических пейзажей, вызывающих лёгкое напряжение [3].



Рис.3. Дом в Индиан-Пойнт. FBM Architecture. Дизайн интерьера. Планировка

Кроме того, исследования в образовательной среде показывают, что школьники в классах с естественным освещением и видом на зелёные насаждения демонстрируют на 13 % более высокие результаты в тестах на внимание и память. Эти данные подтверждают не только терапевтический, но и функциональный потенциал интеграции природы в искусственные среды.

Современная архитектура и урбанистика всё чаще выходят за рамки декоративного озеленения, переходя к созданию функциональных природно-технических систем, где природа становится активным компонентом инфраструктуры.

Несмотря на растущий интерес к архитектурным решениям, с органичной интеграцией природы, их массовое внедрение сталкивается с рядом системных и технических трудностей.

Во-первых, экономические барьеры: первоначальные инвестиции в «живые» фасады, зелёные крыши или системы сбора дождевой воды часто превышают затраты на традиционные решения.

Во-вторых, недостаток междисциплинарной экспертизы: успешная реализация биофильных проектов требует тесного взаимодействия архитекторов, биологов, инженеров и ландшафтных дизайнеров – специалистов, чьи профессиональные языки и цели не всегда совпадают.

В-третьих, экологические риски: неправильно подобранные растения могут стать инвазивными, а чрезмерная стандартизация «зелёных» решений – снижать биоразнообразие. Например, использование одного вида растений на фасадах по всему городу может привести к монокультуре и уязвимости перед болезнями.

Однако с развитием технологий и ростом осведомлённости общества эти барьеры постепенно преодолеваются. Создание комфортной искусственной среды обитания, синтезированной с живой природой, – не просто эстетическая или экологическая задача, а необходимое условие для развития городов и сохранения здоровья населения.

Таким образом, методы, приведенные в статье, предлагают пути к гармоничному сосуществованию человека и природы даже в условиях высокой урбанизации. Будущее комфортной искусственной среды – не в противопоставлении природе, а в её глубокой интеграции, где город становится не просто местом проживания, а экосистемой, поддерживающей жизнь во всех её формах.

Список литературы

1. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.757ec28a-68fe65ed-d64924d3-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Biophilia_hypothesis?
2. <https://m.vk.com/@prestigespb-biofilnyi-dizain?ysclid=mh7t0hr7pg81689594>
3. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.fd0d4ffd-68fe6cb4-7f53493a-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Attention_restoration_theory

ВОПРОСЫ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА КАРБОКСИЛАТОВ МЕТАЛЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СОСТАВАХ

В.И. Назаров, А.М. Немерюк
НИЦ «Курчатовский институт»,
г. Москва

Аннотация. Проанализированы сцинтилляторные составы, используемые в детекторах ионизирующих излучений. Приведены результаты исследования методов синтеза карбоксилатов металлов, применяемых в составе жидких органических сцинтилляторов. Определены оптимальные способы получения исходных соединений карбоксилатов неодима, гадолиния и циркония. Разработаны методы очистки органических кислот, а также режимы обезвоживания целевых продуктов, карбоксилатов металлов. Показано, что применение промежуточного растворителя позволяет получать сцинтилляционные составы с карбоксилатами металлов, что обеспечивает высокие показатели световыхода и прозрачности.

Ключевые слова: жидкие органические сцинтилляторы, металлосодержащие сцинтилляторы, карбоксилаты металлов, перегонка в вакууме, обезвоживание, ИК спектроскопия.

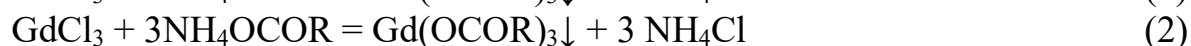
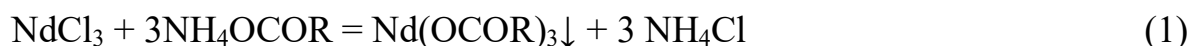
Введение. Сцинтилляционные составы, используемые в детекторах ионизирующих излучений и элементарных частиц, являются твердыми или жидкими материалами. Они способны излучать свет при воздействии излучений, и это свойство используется для создания соответствующих детекторов. Они применяются для мониторинга процессов, проходящих в ядерных реакторах, так и в научных исследованиях. Для придания сцинтилляционным составам способности реагировать на воздействие специфических видов излучения в их состав вводят соединения элементов, ядра которых обладают требуемыми характеристиками, и, в частности, большим значением сечения реакции взаимодействия с тепловыми нейтронами. Карбоксилаты металлов, таких как гадолиний, неодим, цирконий обладают свойствами, которые предъявляются к требованиям для компонентов сцинтилляционных составов [1-5]. Разработка методов синтеза карбоксилатов этих элементов является перспективной практической задачей, поскольку наряду с применением в составе активных сред детекторов излучений, карбоксилаты лантаноидов и циркония находят применение в качестве катализаторов. Они в процессах получения высококачественных каучуков, в лакокрасочных материалах и при изготовлении бумаги и текстильных материалов [6-11]. При выборе методов синтеза карбоксилатов, предназначенных для использования в сцинтилляционных составах, необходимо учитывать высокие требования к солям металлов и органических кислот, чистоте продукта и отсутствию примесей. Такие же требования предъявляются и к карбоксилатам металлов, используемых в

качестве катализаторов при полимеризации диенов в технологии получения каучуков.

Методология и методы исследования. Разработка методов синтеза карбоксилатов металлов основана на анализе стадий получения самих карбоксилатов, а также исходных продуктов и хлоридов металлов. В технологию входят очистка исходных и целевых соединений, выбор оптимальных технологических режимов и параметров проведения процессов. Анализ исходных веществ и получаемых карбоксилатов проводился методами газожидкостной хроматографии, масс-спектро스코пии, а также ИК-спектроскопии.

Экспериментальная часть. Для синтеза карбоксилатов металлов использовалась обменная реакция взаимодействия солей карбоновых кислот, образованных катионами щелочных металлов или аммония и солей минеральных кислот лантаноидов, либо оксасолей циркония. Синтез проводится по реакциям (1), (2), (3). Для получения аммонийных солей органических карбоновых кислот использовался водный раствор аммиака квалификации ОСЧ. Контроль полноты протекания реакции нейтрализации кислот аммиаком определялся по значению рН раствора 6,5-7. Применялись неodeкановая и 3,5, 5-триметилгексановые кислоты.

Этап 1.



Образующиеся карбоксилаты нерастворимы в воде и выделяются в виде осадка, отделяемого фильтрованием.

Исходные хлориды были получены из оксидов элементов, доступных в виде продуктов высокой чистоты, до 99,999 % основного элемента и соляной кислоты квалификации ОСЧ (4), (5). Применение 10 % избытка оксида металла приводило к получению раствора хлорида, не содержащего избытка хлороводорода.



Органические кислоты, применяемые при синтезе карбоксилатов металлов, предварительно подвергают очистке методом ректификации при пониженном давлении, для удаления примесей, содержащихся в технических продуктах. Исследование методом ГЖХ-МС образца технической неodeкановой кислоты и её характеристики приведены в таблице. Химический состав технической неodeкановой кислоты определяли газовым хроматомасс-спектрометром Shimadzu GCMS-QP2020. Хроматографическое разделение осуществлялось на капиллярной колонке SH-Rtx-5MS (диаметр 0.25 мм, длина 30 м, толщина фазы 0.25 мкм) с поперечно-сшитыми дифенил- (5 %) и диметил- (95 %) полисилоксанами. Диапазон определяемых масс – от m/z 50 до m/z 650, значение скорости сканирования составило 3333 а.е.м./с, метод ионизации – электронный удар, газ-носитель – гелий, детектор – электронный умножитель с

конверсионным динодом. Ввод проб осуществлялся с делением потока при запрограммированном температурном режиме.

Компоненты технической неодакановой кислоты

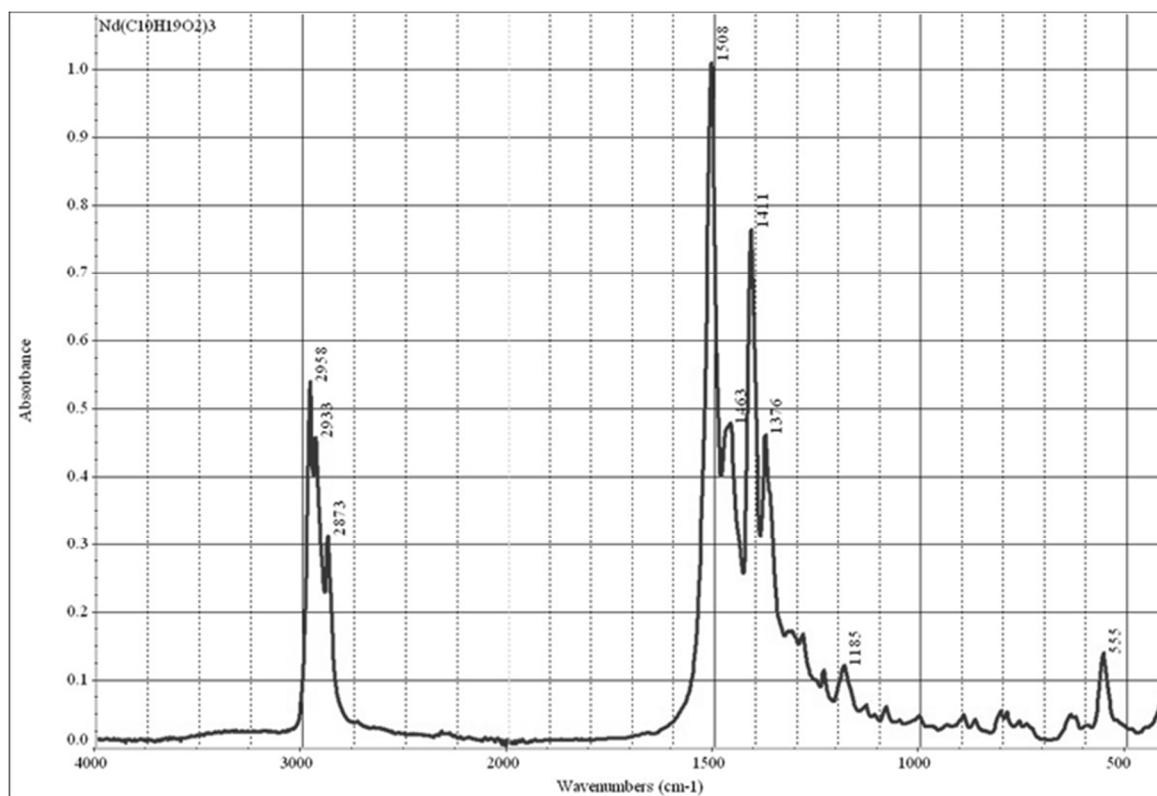
№ пика	Время удерживания, мин	Содержание %	Индекс селективности, %	Вещество
1	6.890	0.21	83	Сложный эфир С-5 карбоновой кислоты, разветвленный (общ. число углерода – С-10)
2	7.405	19.02	80	Карбоновая кислота, разветвленная (С-10)
3	7.475	10.20	85	Сложный эфир С-4 карбоновой кислоты, разветвленный (общ. число углерода – С-9)
4	7.659	42.05	85	Карбоновая кислота, разветвленная (С-10)
5	7.695	27.03	83	Сложный эфир С-10 карбоновой кислоты, разветвленный (общ. число углерода – С-13)
6	7.941	1.07	87	Карбоновая кислота, разветвленная (С-10)
7	8.190	0.12	81	Карбоновая кислота, разветвленная (С-10)
8	9.400	0.10	76	Одноатомный спирт С-6, разветвленный (общ. число углерода – С-10)
9	9.475	0.16	87	5-Бутилнонан
10	10.310	0.05	81	Одноатомный спирт С-8, разветвленный (общ. число углерода – С-10)

Результаты и обсуждение

Из очищенных исходных веществ получали карбоксилаты металлов, содержащие воду. Это обусловлено высоким значением координационного числа d- и f- элементов, что способствует образованию сложных аквакомплексов. Координационно связанная вода может быть удалена в процессе высушивания полученных карбоксилатов металлов в вакууме в присутствии осушителя. Это гидроксид калия (КОН) при температуре 50-60 °С для карбоксилатов лантаноидов и до 100 °С для карбоксилатов циркония.

Полноту процесса сушки определяли элементным анализом образцов карбоксилата, а также с помощью ИК спектроскопии. На рис. приведен ИК спектр образца неодаканоата неодима. ИК-спектры зарегистрированы на

ИК-фурье спектрометре VERTEX 70v методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с адаптером Pike Glady ATR. Спектры получены от образцов непосредственно для порошков без предварительной подготовки. Измеренные спектры НПВО были скорректированы с применением программы OPUS 7 для учета зависимости глубины проникновения излучения в образец от длины волны.



ИК спектр неодаканоата неодима

Установлено отсутствие полос поглощения в области $3600\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$, что свидетельствует о безводности исследуемого образца [12]. Показано, что с потерей воды происходит частичный гидролиз карбоксилатов металлов с образованием гидратированных оксидов, не растворимых в органических растворителях. Это является причиной невозможности непосредственного использования твердых высушенных карбоксилатов металлов для приготовления сцинтилляционных составов. Мелкодисперсные частицы гидратированных оксидов снижают прозрачность растворов карбоксилатов металлов. Для решения этой проблемы было предложено использовать промежуточный легкокипящий растворитель для очистки карбоксилатов металлов от нерастворимых в органических средах примесей. В зависимости от того, каким металлом образован карбоксилат, свойства растворимости различаются.

Карбоксилаты гадолиния легко растворимы в тетрагидрофуране, тогда как карбоксилаты неодима лишь незначительно растворимы в этом растворителе. Но они легко растворимы в диэтиловом эфире. Получаемые растворы могут быть профильтрованы через мелкопористые фильтры для удаления примеси нерастворимых соединений.

Показано, что для металлсодержащих сцинтилляционных составов в качестве среды применяют высококипящие углеводороды, как ароматические, так и алифатические. По этой технологии растворы карбоксилатов металлов в летучих органических растворителях, простых эфирах, а также диэтиловом эфире или тетрагидрофуране смешивают с высококипящим углеводородным растворителем. Летучий компонент удаляют выпариванием в вакууме. Для обеспечения полноты удаления легкокипящего компонента через раствор непрерывно пропускают поток сухого инертного газа (азот или аргон), разряжение регулируется таким образом, чтобы не допускать интенсивного вспенивания.

Таким образом получают концентрированные растворы карбоксилатов металлов в высококипящих углеводородных растворителях. Они не содержат мелкодисперсные нерастворимые примеси гидратированных оксидов металлов, обладают высокой прозрачностью и пригодны для применения в составе сцинтилляционных композиций, обладающих высоким световыходом и длительным сроком эксплуатации.

Таким образом были определены оптимальные режимы синтеза карбоксилатов неодима, циркония и гадолиния, основанные на взаимодействии аммонийных солей карбоновых кислот с хлоридами или оксихлоридами металлов в водной среде. Предварительное получение хлоридов из оксидов металлов и соляной кислоты квалификации ОСЧ обеспечивает высокую чистоту целевых продуктов. Той же цели служит использование раствора аммиака квалификации ОСЧ на стадии получения солей карбоновых кислот. Для очистки исходных карбоновых кислот, таких как неodeкановая и 3,5,5-триметилгексановая, был применен метод перегонки в вакууме, что позволило использовать доступные исходные соединения веществ квалификации Ч. Для обеспечения прозрачности сцинтилляционных материалов эффективным оказался способ введения полученных карбоксилатов в состав композиции, основанный на применении промежуточного органического растворителя с низкой температурой кипения.

Выводы

Разработаны методы получения карбоксилатов металлов высокой чистоты, пригодных для использования в составе сцинтилляционных материалов, а также в качестве катализаторов полимеризации диенов при получении каучуков. Изучены способы синтеза и очистки исходных соединений, хлоридов неодима и гадолиния, а также органических карбоновых кислот. Особенностью разработанного метода является использование промежуточного растворителя для отделения продуктов гидролиза, образующихся в ходе обезвоживания карбоксилатов, синтезируемых в водной среде.

Список литературы

1. Кендин М.П., Гашигуллин Р.А., Мартынова И.А. и др. // ЖНХ, 2023. – Т.68, № 9. – С.1293-1302. <https://doi.org/10.31857/S0044457X2360113X>
2. Чикинёва Т.Ю., Кошелев Д.С., Медведько А.В. и др. // ЖНХ 2021. – Т.66, №2. – С.168. <https://doi.org/10.31857/S0044457X21020057>

3. Вагизов А., Фазилова Д., Борисенко В., Ж. «Каучук и резина» 2022, 81, 4, 172.
4. Mingming Zhang, Lijia Liu, Rixin Cong, et al. *Polimer Jurnal.*, 2021, V148, 5, 110355 <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110355>
5. Huilong Guo, Jifu Bi, Jiayi Wang, et al. // *Dalton Trans.*, 2015, 44, 9130 DOI: 10.1039/c5dt01064k
6. G. Ya. Novikova, N. I. Bakulina, A. V. Vologzhanina, et al., *Russ. J. Inorg. Chem.* 2016, 61, 257. <https://doi.org/10.1134/S0036023616020157>
7. A. Abramov, A. Chepurinov, A. Etenko, et al., arXiv: 2112.09372 [physics.ins-det]; <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.09372>
8. А. П. Серебров, В. Г. Ивочкин, Р. М. Самойлов, et al., *ЖТФ* 93, 175 (2023); <https://doi.org/10.21883/JTF.2023.01.54079.241-2218>.
9. S.-B. Kim, et al. (RENO Collab.), *Nucl. Part. Phys. Pros.* 265, 93 (2015); doi: 10.1016/j.nuclphysbps.2015.06.024
10. Барабанов И.Р., Вересникова А.В., Мусеева А.А. и др. *ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА*, 2023. – Т. 86, № 2. – С. 1. – DOI: 10.31857/S0044002723020034
11. I. R. Barabanov, L. B. Bezrukov, G. Ya. Novikova, and E. A. Yanovich *Instruments and Experimental Techniques*, 2017. – Vol. 60, No. 4. – pp. 533-537. – DOI: 10.1134/S0020441217030162
12. Накамото К. *Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений*. – Мир, Москва, 1991. – 536 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДЕАНГАНАЦИИ

Т.М. Нестерова¹, Р.Ф. Витковская¹, Т.М. Портнова²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна;

² ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Успешное управление процессами водоподготовки основывается на ряде принципов, включающих анализ источника водоснабжения, изучение физико-химических процессов очистки воды, внедрение современных технологий и обеспечение защиты окружающей среды. Разработка комплексной системы управления процессом деанганации позволит обеспечить надежность технологических процессов и повысить качество питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: деанганация, природные воды, система управления, водоснабжение.

Проблема удаления марганца из природных вод обуславливается тем, что технология деманганаии является сложноуправляемой. Причиной этого служит недооценка характера и форм загрязняющих веществ, обуславливающая дальнейшие ошибки при выборе технологических решений [1].

Марганец в воде может присутствовать в растворенной форме, в виде нерастворимых соединений, а также в виде коллоидных и органических комплексов. Наиболее часто встречающаяся растворимая форма марганца очень устойчива и требует сильных окислителей для перевода в нерастворимые формы, улавливаемые фильтрами или осаждаемыми на сооружениях седиментации.

Основными проблемами при удалении марганца являются малая скорость окислительной реакции, возникновение конкуренции с другими элементами, окисление которых происходит гораздо быстрее (например, железо), а также образование сложноокисляемых органических комплексов. При этом образующийся гидроксид марганца (IV) часто формируется в виде мелкодисперсных частиц, задержание которых на фильтровальных сооружениях требует применения загрузок с меньшим размером гранул [2,3].

Действующим санитарно-гигиеническим законодательством установлены требования к содержанию марганца в питьевой воде на уровне не более 0,1 мг/л. На практике выбранные технологические решения часто не обеспечивают снижение концентраций марганца до требуемого значения ПДК [4].

Повышение надежности технологических процессов, реализация которых будет обеспечивать гарантированное качество питьевого водоснабжения на выходе с очистных сооружений, может быть обеспечена за счет разработки и внедрения комплексной системы управления технологическими процессами.

Создание такой системы включает три основных этапа:

- анализ состава исходных вод, в том числе с тщательным анализом форм загрязняющих веществ на основании диаграмм Пурбе, отражающих формы соединений в зависимости от условий системы;

- создание банка наилучших технологических решений, применяемых сегодня на территории Российской Федерации и в мире. Основу этого составляют требования нормативных актов и положительного опыта предприятий, осуществляющих на своих объектах обезжелезивание и деманганаию.

- разработка интеллектуальной системы управления для производственного процесса водоподготовки с уже определенной последовательностью технологических процессов, состава очистных сооружений и оборудования, методов контроля, выбора и способов получения и архивации параметров водоподготовки. Данный инструмент позволяет обеспечить оперативный подбор наилучших технологических решений и параметров работы сооружений для конкретного источника водоснабжения.

Итогом создания комплексной системы управления процессом деманганаии, включающей внедрение автоматизированной интеллектуальной системы управления технологией производства воды, является возможность обеспечения надежности технологических процессов водоподготовки и своевременной корректировки технологических параметров с целью недопущения производства некачественной питьевой воды.

Список литературы

1. Портнова Т.М. Проблемы обезжелезивания и деманганизации природных вод сложного состава / Т.М. Портнова, Р.Ф. Витковская, Т.М. Нестерова // Наука и технологии – ЖКХ. Научно-технический бюллетень. – Минск: БГТУ, 2025. – № 2. – С. 37-47.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А.П. Виноградов; науч. ред. Е.М. Коробова. – Москва: РАН, 2021. – 298 с.
3. Кулаков В.В. Обезжелезивание и деманганизация подземных вод: учебное пособие / В.В. Кулаков, Е.В. Сошников, Г.П. Чайковский. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 100 с
4. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: санитарные правила и нормы: текст с изменениями на 30 декабря 2022 года: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Главного санитарного врача Российской Федерации № 2 от 28 января 2021 года: дата введения 2021-03-01. – Москва, ЦентрМАГ, 2025. – 712 с.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Т.А. Путилова

Челябинский институт путей сообщения – филиал
Уральского государственного университета путей сообщения,
г. Челябинск

Аннотация. В статье представлена нормативно-техническая документация, относящаяся к наилучшим доступным технологиям и метрологическому обеспечению производственного экологического контроля.

Основу методических материалов, относящихся к природоохранной деятельности, составляют нормативно-технические документы, в частности Федеральные законы и национальные стандарты Российской Федерации [1].

ГОСТ Р 56828.38 – 2018. Наилучшие доступные технологии. Окружающая среда. Термины и определения введен в действие 01 января 2019г. В данном стандарте устанавливаются основные термины и приводятся определения понятий в области наилучших доступных технологий применительно к окружающей среде. Термины, установленные этим стандартом, являются

обязательными для применения во всех видах документации, относящейся к наилучшим доступным технологиям (НДТ). Во введении к настоящему стандарту указывается, что основа законодательства в области НДТ сформирована Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельными законодательными актами Российской Федерации». Указанный Федеральный закон совершенствует систему нормирования в области охраны окружающей среды и вводит понятие «наилучшая доступная технология» и меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения НДТ в российское правовое поле [1].

Внедрение наилучших доступных технологий предусмотрено международными конвенциями и соглашениями, ратифицированными Российской Федерацией. В нашей стране предусмотрен комплекс мер, которые направлены на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, «а также обеспечение реализации перехода промышленности России на принципы НДТ, включая создание современного отечественного оборудования» [1].

Система терминов и определений в области охраны окружающей среды, представленная в настоящем стандарте, применяется в российском нормативном правовом поле и в европейских справочниках НДТ. Для каждого понятия настоящим стандартом установлен один стандартизованный термин; указаны термины-синонимы, которые не рекомендованы к применению. Например, стандартизованным термином является «предельно допустимая концентрация примеси в атмосфере (ПДК) – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом. Не рекомендуется к применению термин-синоним «максимально возможная концентрация» [1].

Информационно-технический справочник по НДТ «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения» представляет собой документ по стандартизации, который разработан в результате анализа практики производственного экологического контроля (ПЭК), характерной для промышленных предприятий Российской Федерации, а также принятой за рубежом [2]. Настоящий справочник включает в себя предисловие, в котором указана цель его разработки, статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания и взаимосвязь с аналогичными международными документами. К основным разделам содержания справочника относятся введение; термины и определения; аббревиатуры и сокращения; область применения; пять разделов; заключительные положения и рекомендации; приложения (справочные и обязательные); библиография. Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации и предназначен для хозяйствующих субъектов (использования при формировании и совершенствовании программ

производственного экологического контроля), а также для регулирующих органов (использования при выдаче хозяйствующим субъектам комплексных экологических разрешений); введен в действие с 1 июля 2017 года.

Справочник НДТ является межотраслевым («горизонтальным») и, вследствие этого, носит сквозной, методический характер и содержит обобщенную информацию, сведения общего характера, общие подходы к межотраслевым техническим и управленческим решениям в сфере производственного экологического контроля. Справочник НДТ содержит описание применяемых при осуществлении производственного экологического контроля процедур, технических способов, методов (в том числе управленческих). На основе анализа подходов, соответствующих требованиям Федерального Закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (действ. ред., 2016 г.) «Об охране окружающей среды» и отражающих также международную практику, определены процедуры, технические способы, методы, отнесённые к наилучшим доступным в сфере ПЭК.

Использование представленных нормативных документов в методических материалах и цифровом контенте, предназначенном для самостоятельной работы обучающихся, оказывает действенную помощь при изучении вопросов, связанных с техническими и управленческими решениями в сфере экологии [3].

Список литературы

1. ГОСТ Р 56828.38 – 2018. *Наилучшие доступные технологии. Окружающая среда. Термины и определения.* – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». – 2018. – 35 с.
2. ИТС 22.1 – 2019. *Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения.* – М.: Бюро НДТ. – 2016. – 542 с.
3. Путилова Т.А. *Производственный экологический контроль: электронный контент информационно-образовательной среды / Т.А. Путилова // Сборник «Современные проблемы экологии». XXXIII всероссийская научно-практическая конференция.* – 2025. – С. 53-56.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЗОН ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Ю.М. Полякова, Р.И. Лопатин
Проектная организация ООО «Альтан»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки воздействия планируемой хозяйственной деятельности на компоненты окружающей среды – растительный и животный мир. Представлен методический подход к аналитической оценке зон воздействия при строительстве и реконструкции линий электропередачи, основанный на аналитико-прогнозной модели проектирования и экспертно-картографическом анализе пространствен-

ных данных. Предложенный метод позволяет выполнять качественную и количественную оценку воздействий, их ранжирование. Метод обеспечивает единую графическую интерпретацию зон воздействия на фито- и зооценозы в штатных ситуациях при строительстве и реконструкции линий электропередачи.

Ключевые слова: зоны воздействия, строительство линейных объектов, линия электропередачи, оценка воздействия, ранжирование, прямое воздействие, косвенное воздействие, Арктическая зона Российской Федерации.

Введение

Промышленное освоение северных территорий Российской Федерации сопровождается масштабной трансформацией экосистем, приводящей к замещению коренных сообществ производными и изменению их видового состава. Производные сообщества существенно отличаются друг от друга как по характеру сформировавших их воздействий, так и по степени трансформации растительного покрова [4].

В условиях интенсификации хозяйственной деятельности вопросы качественной и количественной оценки воздействия на растительный и животный мир приобретают особую актуальность, что закреплено следующими нормативно-правовыми актами:

1. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» [1], статья 32, пункт 1 – оценка воздействия проводится в отношении планируемой деятельности, способной оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду.

2. Постановление Правительства РФ от 28.11.2024 г. № 1644 «О порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду» [2]: пункт 8, подпункт «в» Правил предусматривает, что исследования по оценке воздействия на окружающую среду проводятся заказчиком (исполнителем) и включают выявление возможных прямых, косвенных и иных воздействий планируемой деятельности на окружающую среду с учётом альтернатив и прогнозом изменения состояния природных компонентов при реализации проекта.

В настоящее время нормативно закреплённые методические подходы, позволяющие выполнить как качественную, так и количественную оценку, а также провести ранжирование воздействий на объекты растительного и животного мира в период проведения строительных работ, отсутствуют.

Авторами предложен структурированный подход к определению степени воздействий на объекты растительного и животного мира в период проведения строительных работ, основанный на аналитико-прогнозной модели проектирования и экспертно-картографическом анализе пространственных данных.

Разработанный методический подход был апробирован при подготовке материалов ОВОС для ряда объектов строительства и реконструкции линий электропередач, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации, получивших положительные заключения государственной экологической экспертизы. Данное обстоятельство подтверждает корректность выделения

границ зон воздействия, достаточность предлагаемых природоохранных мероприятий и воспроизводимость полученных картографических результатов.

Цели работы:

1. Провести информативную оценку воздействия планируемой хозяйственной деятельности на животный и растительный мир, включая виды, внесённые в Красные книги, в пределах зоны воздействия объекта в штатных ситуациях на этапе строительства и реконструкции линии электропередачи.

2. Определить размеры зоны воздействия объекта на этапе проведения строительных работ в штатных условиях.

Методология

Для оценки воздействия на объекты растительного и животного мира в штатных ситуациях применена аналитико-прогнозная модель проектирования, основанная на определении зон воздействия по их видам. Модель относится к детерминированным аналитическим моделям, так как определение параметров воздействия выполняется на основании установленных нормативов, данных натурных обследований и проектных решений без применения вероятностных методов.

Модель предназначена для прогнозирования изменений компонентов экосистем в пределах зоны воздействия объекта в период строительства и реконструкции. Аналитико-прогнозный характер модели позволяет использовать её в составе системы оценки воздействия на окружающую среду (далее – ОВОС) при обосновании природоохранных мероприятий и экологического мониторинга.

Структура аналитического подхода к оценке воздействия

Объект оценки – линейный объект, расположенный в Арктической зоне Российской Федерации (реконструируемая ЛЭП), далее – Объект или ЛЭП. Предлагается последовательный анализ воздействия Объекта проектирования на фито- и зооценозы территории строительства.

Степень трансформации экосистем регионов определяется неоднородностью исходных условий, а также различной степенью интенсивности антропогенного воздействия и его гетерогенностью в период проведения строительных работ. Организация движения автотранспортной и строительной техники, обустройство площадок монтажа конструкций и временного складирования строительных материалов, расчистка территории могут приводить к следующим изменениям в растительных и животных сообществах:

- снижению общего проективного покрытия в результате вырубki древесно-кустарниковой растительности при расчистке полосы отвода;
- механическому повреждению растений (прежде всего мхов, травянистых растений, побегов кустарников и деревьев);
- изменению ярусности и видового состава сообществ, снижению запасов фитомассы, что, в свою очередь, приводит к снижению устойчивости экосистем;

– фотохимическому загрязнению, проникновению токсикантов в клетки растений в результате абсорбции, что может вызывать физиологические нарушения, а в отдельных случаях – полное отмирание и гибель [4];

– влиянию на компоненты среды обитания животных. Данный фактор может выражаться в фрагментации ареалов отдельных видов животных на время проведения строительных работ, нарушению трофических связей, разрушении гнезд, засыпке нор, подземных ходов животных, утрате кормовой базы и пр.

– интенсификации фактора беспокойства (изменение естественного акустического фона от работы машин и механизмов, присутствие человека). При проведении строительных работ негативное воздействие на объекты животного мира может выражаться в нарушении циркадных ритмов, коммуникативных сигналов, изменении этологических привычек, приводящих к сокращению плотности населения, смещению ареалов.

– проникновению токсикантов в клетки животных в результате абсорбции, что может приводить к физиологическим нарушениям, аккумуляции в организмах и их включению в трофические цепи [5];

– усилению влияния таких физических факторов, как воздействие электромагнитных полей, появление источников вибрации. Данный фактор особенно негативно сказывается на позвоночных животных (птицы, млекопитающие) [7, 8].

Воздействие строительных работ носит комплексный характер и может приводить к деградации экосистем различной степени выраженности.

Исходными данными анализа существующего положения фито- и зооценозов служат: технический отчёт по инженерно-экологическим изысканиям, полевые дневники, ведомости вырубок, геопорталы (ПКК), дистанционное зондирование, ортофотопланы, базы данных ООПТ/КОТР.

Последовательный анализ воздействия Объекта на фито- и зооценозы выполняется по следующим позициям:

1) выполняется анализ исходных флористических условий с учётом зональных особенностей территории, в том числе оценка наличия особо охраняемых видов растений с определением их ареалов, статуса, ранга эндемизма, реликтовости и плотности произрастания;

2) выполняется анализ исходного фаунистического состава и численности популяций, в том числе характеристик обитающих таксонов, наличия мест зимовальных скоплений, убежищ, гнездовых стаций колониальных видов (подвидов), кормовых угодий и мест отдыха в период размножения, путей миграций видов (подвидов), образующих скопления, с определением их ареалов, статуса, ранга эндемизма и реликтовости;

3) выявляются возможные виды воздействия на различные таксоны экосистем района строительства по каждой группе живых организмов (растительный и животный мир);

4) выполняется оценка существующей техногенной трансформации экосистем, степень их синантропизации;

5) определяются площадные показатели вырубки древесно-кустарниковой растительности;

б) определяется влияние Объекта на ООПТ, ВБУ и КОТР (с указанием наличия или отсутствия пересечений и расстояний до них).

На основании проведённого анализа выполняется ранжирование зон воздействия объекта строительства по степени их влияния на растительный и животный мир, в зависимости от интенсивности их проявления.

Полученные результаты служат основой для формирования комплекса природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия и сохранение биоразнообразия, включая меры по охране видов, занесённых в Красные книги различного ранга.

Ранжирование зон воздействия

В настоящей работе используются определения понятий «прямое воздействие» и «косвенное воздействие», разработанные авторами на основе положений Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1] и Правил проведения оценки воздействия на окружающую среду [2]:

Прямое воздействие – любое, в том числе случайное, воздействие на объект животного или растительного мира, вызывающее его гибель (уничтожение) либо травмирование, ведущее к гибели (уничтожению).

Косвенное воздействие – воздействие на среду обитания (произрастания) объектов животного и растительного мира, приводящее к снижению их численности и (или) исчезновению, снижению плотности особей/экземпляров, их вынужденной миграции из данного места обитания, смещению и/или сокращению ареалов их произрастания, изменению или нарушению их этологических привычек.

При выделении зон воздействия используются нормативные границы для объектов электросетевого хозяйства. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24.02.2009 № 160 [3] охранная зона ЛЭП – это территория, ограниченная параллельными плоскостями по обе стороны линии на установленном нормативами расстоянии; в её пределах действуют особые условия использования земель. При строительстве/реконструкции ЛЭП охранная зона принимается в качестве базовой величины для установления пределов временного отвода земельных участков и дифференциации зон воздействия.

Авторами предлагается типизация зон воздействия – таблица.

Типизация зон воздействия

Зона воздействия	Территория воздействия
1. Зона прямого воздействия	- земельные участки, отводимые под опоры линий электропередачи; - прилегающие зоны непосредственного размещения опор ЛЭП.
2. Зона косвенного воздействия	- территории, где экосистемы подвергаются опосредованным изменениям в результате строительных работ.

Зона воздействия	Территория воздействия
2.1 Зона интенсивного воздействия	<ul style="list-style-type: none"> - площадки сборки конструкций; - площадки временного складирования материалов; - участки движения строительной и транспортной техники по технологическим и существующим проездам; - зоны прокладки внутриплощадочных сетей.
2.2 Зона умеренного воздействия	<ul style="list-style-type: none"> - участки территории, подлежащие расчистке от древесно-кустарниковой растительности; - участки демонтажных работ; - зона воздействия электромагнитных полей; <p>Границы зоны принимаются равными временному земельному отводу, устанавливаемому по охранной зоне ЛЭП (за исключением вдольтрассовых проездов и монтажных площадок, относящихся к зоне интенсивного воздействия).</p>
2.3 Зона слабого и очень слабого воздействия	<ul style="list-style-type: none"> - участки влияния физических (шум, вибрация) и химических (зона влияния выбросов загрязняющих веществ на атмосферный воздух – зона, ограниченная изолинией концентрации 0,05 ПДК) факторов.

1. Зона прямого воздействия охватывает участки, на которых происходит полная или почти полная трансформация природных сообществ. К таким территориям относятся земельные участки, отводимые под опоры линий электропередачи, а также прилегающие зоны непосредственного размещения опор ЛЭП, которые соответствуют контуру площади проекции опоры на поверхность земли.

В этих местах воздействие затрагивает как растительный покров, так и объекты животного мира. Для растительности характерна очень высокая степень антропогенной трансформации: при установке опор ЛЭП происходит полное, несвойственное для почвы перекрытие и «запечатывание» поверхности, что нарушает естественный обмен между компонентами окружающей среды и вызывает изоляцию от природных факторов – света, атмосферы, влаги и биоты. В результате становится невозможным нормальное функционирование и формирование почвенно-растительного слоя.

Одновременно с этим оказывается прямое воздействие на фауну. Оно выражается в уничтожении отдельных представителей животного мира (преимущественно беспозвоночных) при изъятии земельных участков в постоянное пользование, а также в случайных наездах техники во время выполнения планировочных работ, монтажа опор.

Таким образом, зона прямого воздействия характеризуется комплексным влиянием на оба компонента экосистем – растительный и животный мир – с необратимыми изменениями природных условий и структуры биогеоценоза.

2. Зона косвенного воздействия охватывает территории, расположенные за пределами зон прямого воздействия, где природные сообщества подвергаются

опосредованным изменениям в результате строительных работ. Такие зоны отличаются по степени выраженности воздействий и подразделяются на три категории – интенсивного, умеренного и слабого и очень слабого воздействия.

2.1 Зона интенсивного воздействия включает площадки сборки конструкций, временного складирования материалов, участки движения строительной и транспортной техники по технологическим и существующим дорогам, а также зоны прокладки внутриплощадочных сетей. При выполнении этих работ устраиваются площадки с улучшенным или твёрдым покрытием, что вызывает механическое уплотнение почвы и повреждение растительного покрова, а также временное вытеснение животных из мест обитания. В пределах таких участков размещаются временные сооружения и технологические проезды, обеспечивающие доставку материалов и монтаж оборудования.

Границы зоны интенсивного воздействия определяются в пределах временного земельного отвода, установленного проектной документацией, который в ряде случаев может частично пересекаться с охранной зоной ЛЭП, но имеет самостоятельное функциональное назначение – обеспечение технологического процесса строительства.

Продолжительность активных работ в таких зонах, как правило, не превышает пяти дней, что является типовым значением для данной стадии строительства и определяет кратковременный, но интенсивный характер воздействия.

2.2 Зона умеренного воздействия включает участки расчистки древесно-кустарниковой растительности и демонтажных работ. Границы данной зоны, как правило, устанавливаются по границам охранной зоны; фактические границы определяются проектной документацией. По этой границе выполняется вырубка древесно-кустарниковой растительности, необходимая для безопасного производства строительно-монтажных работ и обеспечения технологического проезда.

В пределах зоны умеренного воздействия происходит частичное разрушение растительного покрова, изменение структуры фитоценозов, а также фрагментация ареалов животных и временное нарушение их трофических связей.

В зонах интенсивного и умеренного воздействия высоко влияние таких физических факторов, как воздействие электромагнитных полей, появление источников вибрации.

2.3 Зона слабого и очень слабого воздействия характеризуется влиянием физических и химических факторов, таких как акустическая нагрузка, вибрация, эмиссией в атмосферный воздух загрязняющих веществ, в концентрациях, не превышающих 0,05 ПДК (зона влияния выбросов).

Наиболее выраженным проявлением косвенного воздействия в этой зоне является фактор беспокойства, обусловленный шумом, возникающим при движении техники и присутствия человека. Как правило, влияние данной категории воздействия ограничивается расстоянием 1-3 км от источника шумового или механического беспокойства и носит обратимый характер после завершения строительных работ.

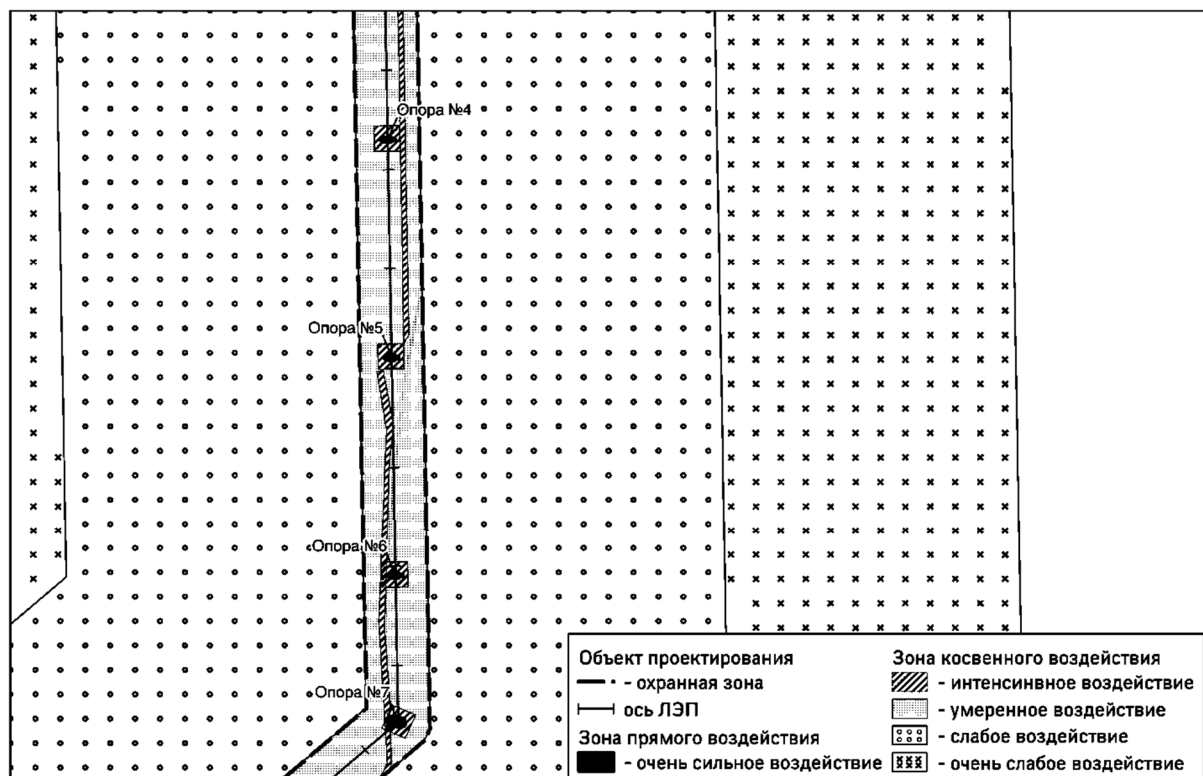
Таким образом, зоны косвенного воздействия представляют собой территориально и временно ограниченные участки, где воздействие на растительный и животный мир носит опосредованный, но системный характер. Их комплексное выделение и картографическое отображение позволяют более точно оценить масштаб и интенсивность изменений экосистем в пределах полосы отвода и прилегающих территорий.

Графическая визуализация результатов

На этапе картографического представления полученных данных ключевую роль играет использование геоинформационных систем (ГИС), в частности программной среды QGIS. Она обеспечивает обработку, анализ и визуализацию пространственных данных, необходимых для оценки воздействия на объекты растительного и животного мира.

На основе исходных топографических подложек, материалов инженерно-экологических изысканий, данных дистанционного зондирования Земли (спутниковые снимки, ортофотопланы), строительного плана объекта проектирования, публичной кадастровой карты, планов землепользования и застройки территории и иных пространственных источников данных формируются тематические слои: трасса проектируемого объекта, контуры временного и постоянного отвода, участки расчистки древесно-кустарниковой растительности, зоны движения техники и площадки монтажа.

С помощью инструментов Buffer, Intersect, Union, Clip и Field Calculator выполняется моделирование зон прямого и косвенного воздействия, их ранжирование и построение карт интенсивности. При этом учитываются пространственные пересечения с зонами с особыми условиями использования территории – ООПТ, ВБУ, КОТР (рисунок).



Графическая визуализация результатов

Графическая визуализация позволяет наглядно представить результаты ранжирования территории по степени и интенсивности воздействия, выявить зоны с различным уровнем экологического риска и обеспечить их интеграцию в последующие этапы экологического планирования, контроля и мониторинга.

Заключение

Проведение всесторонней, объективной и качественной оценки воздействия на окружающую среду является необходимым условием принятия оптимальных управленческих и проектных решений, направленных на предотвращение загрязнения и деградации природных комплексов. Реализация аналитико-прогнозного подхода, основанного на ранжировании и картографической визуализации зон воздействия, позволяет снизить экологические риски и минимизировать негативные последствия строительных работ, обеспечивая сохранение устойчивости природных экосистем регионов.

Список литературы

1. *Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;*
2. *Постановление Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2024 г. № 1644 «О порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду» (вместе с «Правилами проведения оценки воздействия на окружающую среду»);*
3. *Постановление Правительства Российской Федерации от 24 февраля 2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон»;*
4. *Землянский В.А. Растительность тундр Северного Ямала / В.А. Землянский // III Всероссийская научная конференция: 20-24 ноября 2017 г. Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: тезисы докладов. – Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 2017. – С. 23-26;*
5. *Сунцова Л.Н. Физиология растений: курс лекций / Л.Н. Сунцова. – Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 2011. – 116 с.*
6. *Кибенко Е.А. Экологическая токсикология: курс лекций для студентов направления подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование» / Е.А. Кибенко. – Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2023. – 56 с.*
7. *Климов В.В., Климова М.А. Воздействие электромагнитных полей линий электропередачи на биоту / В.В. Климов, М.А. Климова // Вестник Тюменского государственного университета. – 2011. – № 12. – С. 90-97.;*
8. *Жевновская А.Н. Видовое разнообразие мелких млекопитающих в зоне воздействия электромагнитного поля промышленной частоты / А.Н. Жевновская, С.Н. Гашиев // Вестник Тюменского государственного университета. – 2011. – № 12. – С. 90-97.*

УЧЕБНИК ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

(Анонс учебника: Рациональное природопользование. Урбоэкология (с практикумом): учебник / Л.В. Назаренко, Н.Ю. Захарова, О.В. Кукушкина. – Москва: КНОРУС, 2026. – 272 с.)

Н.Ю. Захарова, О.В. Кукушкина, Л.В. Назаренко
Московский городской педагогический университет,
г. Москва

***Аннотация:** Учебник по рациональному природопользованию и урбоэкологии является важным инструментом для студентов и профессионалов в области экологии, биологии и смежных направлений.*

За последние годы были издано множество учебников и учебных пособий по экологии, ориентированных на студентов различных специальностей, включая технические, биологические и географические направления. Традиционно в них описывается влияние абиотических факторов на организм, динамика популяций, взаимодействия различных видов друг с другом и окружающей средой, учение о биоценозах, экосистемах, биогеоценозах и биосфере.

Однако вопросы рационального природопользования и загрязнения различных сред жизни, а также проблемы устойчивого развития и учение об урбоэкосистемах часто рассматриваются лишь кратко или полностью игнорируются. Это создает пробелы в понимании студентами наиболее актуальных экологических вызовов, с которыми сталкивается наша планета, и подчеркивает необходимость более глубокой проработки данных тем в учебниках по экологии.

Учебник «Рациональное природопользование. Урбоэкология (с практикумом)» нацелен на формирование у студентов и читателей экологической грамотности и понимания важности сохранения природных ресурсов и экосистем. В условиях глобальных экологических изменений, таких как утрата биоразнообразия, загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов и изменение климата, понимание экологических процессов становится особенно актуальным. Знания в области экологии необходимы для разработки решений, которые помогут сбалансировать потребности человека и будут способствовать сохранению природных экосистем.

Представленный учебник включает введение, 7 глав и заключение. После каждой главы имеются вопросы, кейсы и другие задания для проработки изученного материала. В конце учебника имеется глоссарий и список литературы, включающий ссылки на различные документы, отражающие этапы принятия законов в области охраны природы.

Первая глава посвящена основам рационального природопользования и рассматривает само понятие рационального природопользования, его законы и примеры оптимизации использования ресурсов планеты.

Вторая глава раскрывает историю международного сотрудничества в области охраны природы. Очевидно, что ни одну из глобальных экологических проблем невозможно решить лишь в пределах одного государства. Лишь международное сотрудничество в области охраны природы позволяет получить желаемый результат. История и современное состояние международных природоохранных документов и конвенций показывают общую тенденцию необходимости глобального ответа на экосистемные вызовы.

Третья глава рассматривает разнообразие территорий, имеющих охранный статус. Создание особых охраняемых природных территорий играет важную роль в сохранении уникальных экосистем и биоресурсов. Исторический обзор охраны природы в России показывает, как формировались заповедники и национальные парки, обеспечивающие защиту редких и находящихся под угрозой видов.

Четвертая и пятая главы посвящены урбоэкологии и урбанизации. В них проанализированы воздействия, которые оказывают современные города на окружающую среду. Понятие «искусственная экосистема» демонстрирует, как влияние человека меняет естественные процессы и какой ответной реакции требует от нас успешное управление экосистемами в условиях урбанизации. Понимание видов загрязнений и глобальных экологических проблем подчеркивает необходимость более ответственного подхода к градостроительству и управлению ресурсами.

Шестая глава отводится мониторингу состояния окружающей среды и представляет собой необходимый инструмент для оценки воздействия человеческой деятельности и принятия обоснованных решений для обеспечения устойчивого развития.

Седьмая глава – это экологический практикум, который включает как практические и лабораторные работы, так и экологические экскурсии в природу. Данный практикум можно использовать в рамках проектной деятельности, где необходимы экспериментальные подходы к изучению различных природных процессов и явлений.

Рациональное природопользование требует комплексного подхода, который включает экологические, экономические и социальные аспекты. Внедрение принципов рационального использования ресурсов поможет обеспечить баланс между удовлетворением потребностей современности и защитой природной среды для будущих поколений. Урбоэкология помогает осознать взаимосвязь между городами и окружающей средой, углубить знания о последствиях урбанизации и разработать стратегии устойчивого развития, способствующие созданию более здоровых и экологически безопасных городов.

Учебник «Рациональное природопользование. Урбоэкология (с практикумом)» будет полезен для экологического образования бакалавров, магистров и всех тех, кто интересуется проблемами сохранения биологического разнообразия и устойчивого развития нашей планеты.

ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАССЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

М.Д. Азарова
Волгоградский государственный университет,
г. Волгоград

***Аннотация.** В данной работе рассмотрен новый подход к расчетному определению выбросов. Предложено применять усовершенствованную формулу Репина Н.Н., взамен формулы, приведенной в разработанной в 1990 году методике расчета вредных выбросов в атмосферу из нефтехимического оборудования.*

Для оценки воздействия выбросов на атмосферный воздух используются такие количественные показатели загрязняющих веществ, как валовые выбросы, максимальные разовые выбросы, удельные выбросы. Для определения величин первых двух показателей расчетными методами могут применяться только методики, внесенные в Перечень методик [1], который формирует Минприроды России в соответствии с [2]. По состоянию на ноябрь 2025 г. в Перечень Минприроды России включено 135 расчетных методик.

Согласно данным ИТС 16 – 2022 [3] масса выбросов от неорганизованных источников определяется на основе удельных показателей. Как показано во второй главе, рекомендуемые в ИТС 16 – 2022 [3] удельные выбросы одних и тех же загрязняющих веществ для одних и тех же технологических процессов имеют широкий диапазон значений. Такой значительный разброс значений удельных выбросов затрудняет их применение при расчетном определении выбросов [4]

В этой связи предлагается другой подход к расчетному определению выбросов, например от дверей, люков, стояков коксовых батарей.

В источнике [5] для расчета количества выделяющихся из технологического оборудования газов приводится формула

$$G = 3,77 \cdot 10^{-2} \Pi m P V \sqrt{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

где Π – коэффициент запаса (изменяется от 1,5 до 2 в зависимости от продолжительности периода между ремонтами);

m – коэффициент негерметичности оборудования

P – давление в оборудовании, кПа;

M – относительная молекулярная плотность газа [5];

T – температура газа, К

Более правильный подход предложен Репиным Н.Н., который привел формулу (1) к виду:

$$P_i = (1000 a c V X_i \sqrt{M_i/T}) / 3600, \text{ г/с} \quad (2)$$

где c – коэффициент, зависящий от давления газов в оборудовании (при давлении до $2 \cdot 10^5$ Па (2 ата) $c = 0,121$;

M_i – молекулярная масса i -ого вещества, кг/кмоль;

X_i – мольная доля i -ого вещества;

T – абсолютная температура газов, К;

3600 – перевод часа в секунды;

α – коэффициент, учитывающий герметизацию неплотностей.

Согласно ГОСТ Р 59061 – 2020 под удельными выбросами понимаются «. . . выбросы. . ., отнесенные к какой-либо измеряемой величине. в т.ч. к производственной мощности или к фактическому объему производства (например, масса загрязнений на тонну или на единицу конечной продукции)» [6].

Тогда определение удельного выброса выполняется в такой последовательности:

1). устанавливается значение коэффициента α ; на основе подхода изложенного в [4]

2). для i -го вещества по справочной литературе (в том числе, по материалам методики [8]) определяются мольная доля X_i и молекулярная масса M_i ;

3). по формуле (2) вычисляется мощность выброса i -го вещества Π_i ;

4). по известной формуле вычисляется годовой (валовой) выброс i -го вещества:

$$G_i = 3600 \cdot 10^{-6} \Pi_i T_i \quad (4)$$

где G_i валовой выброс i -го вещества, т/год;

Π_i – мощность выброса i -го вещества, рассчитанная по формуле (2), г/с;

T_i – продолжительность работы коксовой батареи в течение года, ч/год;

3600 – перевод секунд в часы;

5) по определению удельный выброс i -го вещества:

$$q_i = 10^6 G_i / \text{ПР} \quad (5)$$

где q_i – удельный выброс, г/т кокса;

ПР – годовое производство кокса, т/год;

10^6 – перевод тонн в граммы.

Таким образом, взамен ранее использовавшейся, например в одной из методик Перечня, формулы для расчета выделявшихся выбросов от газового оборудования, предложено использовать новую модификацию – формулу Репина Н.Н.

Список литературы

1. Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками. Москва, 2019 [Электронный ресурс] // Минприроды России: [сайт]. 2025. URL:

https://www.mnr.gov.ru/docs/metodiki_rascheta_vybrosov_vrednykh_zagryaznyayushchikh_veshchestv_v_atmosfernyy_vozdukh_statsionarn/perechn_metodik_rasheta_vybrosov_vrednykh_zagryaznyayushchikh_veshchestv_v_atmosfernyy_vozdukh_sta/

2. «Об утверждении правил разработки и утверждения методик расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками» от 21.05.2025 г. №692 URL:<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=500441>

3. 1 ИТС 26 – 2022 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство чугуна, стали и ферросплавов [Электронный ресурс]. – Москва: Бюро НДТ, 2023. – Режим доступа: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/zaklyuchenie/0/its_26-2022_informatsionno-tekhnicheskii_spravochnik_po.html?ysclid=mbo091quvr315069229 (дата обращения 25.04.2025).

4. Сергина Н.М. Об определении массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от коксовых батарей / Н.М. Сергина, М.Д. Азарова, А.В. Аликов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2025. – № 4(174). – С. 19-25. – DOI 10.71536/vd.2025.4c174.3. – EDN UNYROI.

5. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств [Текст] / В.М. Эльтерман. – Москва: Химия, 1980. – 288 с.

6. ГОСТ Р 59061 – 2020 Охрана окружающей среды. Загрязнение атмосферного воздуха. Термины и определения [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 16 с.

7. Азарова М.Д. Разработка методики расчета выбросов от источников коксохимического производства / М.Д. Азарова // XXIX Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области: Сборник материалов конференции, Волгоград, 16 сентября – 15 2024 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2024. – С. 290-291. – EDN NUZAMR.

8. Исследование возможности использования отходов коксохимического производства в шихте для коксования [Текст] / Е.И. Васючков [и др.] // Кокс и химия. – 1985. – № 11. – С. 16-18.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ВОДОЕМОВ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ТУЛЫ

Е.М. Рылеева, Д.В. Кытин
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрена экологическая ситуация водоемов и поверхностных вод Тулы и методы их очистки. Проанализированы основные водные объекты города - река Упа, ее притоки, Щегловский и Комсомольский пруды. Выявлены ключевые источники загрязнения, описаны существующие методы очистки водоемов Тулы, включая модернизацию очистных

сооружений. Проанализирована современная экологическая ситуация основных водных объектов города, рассмотрены ключевые источники загрязнения, оценено влияние на экосистемы и здоровье населения.

Тула – крупный промышленный центр Центрального федерального округа России с населением более 500 тысяч жителей. Город расположен на реке Упа, притоке Оки, и имеет разветвленную гидрографическую сеть, включающую как природные, так и искусственные водоемы. Главной водной артерией города является река Упа, протекающая через всю Тулу с запада на восток. Длина реки в пределах города составляет около 20 км. Упа имеет несколько притоков, крупнейшими из которых являются реки Воронка и Тулица. Кроме того, в городе расположены искусственные водоемы – Щегловский и Комсомольский пруды, а также ряд более мелких прудов и озер.

Река Упа относится к средним рекам. Ее общая длина составляет 345 км, площадь водосбора – 9510 км². В пределах Тулы ширина русла Упы варьируется от 30 до 70 м, глубина – от 0,5 до 3 м. Река имеет смешанный тип питания с преобладанием снегового. Для Упы характерны весеннее половодье и летне-осенняя межень. Среднегодовой расход воды в районе города составляет около 40 м³/с.

Щегловский пруд – крупнейший искусственный водоем Тулы площадью около 56 га. Он был создан в 1950-х годах путем перекрытия плотиной реки Тулицы. Пруд активно используется в рекреационных целях, на его берегах расположены пляжи и зоны отдыха. Комсомольский пруд меньше по размерам (площадь около 10 га), находится в центральной части города и также имеет рекреационное значение.

Водные объекты играют важную роль в жизнеобеспечении города, используются для водоснабжения, рекреации, а также служат приемниками сточных вод. Однако интенсивное антропогенное воздействие привело к серьезному ухудшению экологического состояния водоемов Тулы.

Экологическая ситуация водных объектов Тулы формируется под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов, среди которых ведущую роль играют техногенные. Основными источниками загрязнения водоемов города являются:

1. Промышленные предприятия. Наибольший вклад в загрязнение вносят предприятия машиностроения, металлургии, химической промышленности. В частности, значительными загрязнителями являются АО «Тульский патронный завод», ПАО «Тульский оружейный завод», АО «Тульский машиностроительный завод», которые осуществляют сбросы сточных вод в водные объекты.

2. Хозяйственно-бытовые стоки. Централизованная система водоотведения Тулы охватывает около 98 % территории города. Очистные сооружения канализации (ОСК) имеют проектную мощность до 450 тыс. м³[1]. Перегрузка и изношенность оборудования приводят к недостаточно эффективной очистке.

3. Поверхностный сток с городской территории. Дождевые и талые воды смывают с улиц, промышленных площадок, свалок различные загрязняющие вещества и выносят их в водоемы.

Основные загрязняющие вещества, поступающие в водоемы и поверхностные воды Тулы, включают:

- органические соединения (нефтепродукты, фенолы, СПАВ);
- биогенные элементы (соединения азота и фосфора);
- тяжелые металлы (медь, цинк, никель, хром, свинец);
- взвешенные вещества;
- нитраты, сульфаты, хлориды;
- специфические загрязнители (формальдегид, цианиды и т.д.).

В 2023 году, в сравнении с 2022 годом, качество воды р. Упа (г. Тула) в фоновом створе ухудшилось, перешло из разряда 3Б «Очень загрязненная» в 4А «Грязная», в створах 1,3 км ниже впадения р. Воронка изменилась до 4Б «Грязная» и в замыкающем створе стабильно 4А «Грязная». Превышения ПДК наблюдаются по 7-6 показателям из 14. Основной вклад в оценку загрязненности водотока в фоновом створе вносят органические вещества по БПК₅, нитритный азот, загрязненность которыми классифицируется как характерная среднего уровня [2]. В обоих контрольных створах основное влияние на качество воды оказывают нитритный и аммонийный азот, органические вещества по БПК₅ и ХПК, загрязненность которыми относится к характерной среднего и низкого уровня. Содержание сульфат ионов выросло, нефтепродукты остались на том же уровне. Содержание нитритного азота немного увеличилось на всем участке. Ухудшение экологического состояния водных объектов Тулы негативно сказывается на водных и прибрежных экосистемах. Наблюдается обеднение видового разнообразия гидробионтов, нарушение структуры биоценозов, снижение их устойчивости. Загрязнение прибрежных почв приводит к деградации растительности, уменьшению биоразнообразия.

Ухудшение качества воды негативно влияет на здоровье населения Тулы. Хотя для централизованного водоснабжения используются подземные воды, загрязненные поверхностные водоемы являются фактором риска при рекреационном использовании. Купание в загрязненной воде может вызывать аллергические реакции, кожные заболевания, кишечные инфекции. Употребление в пищу рыбы из местных водоемов несет риск накопления токсичных веществ в организме.

Кроме того, загрязненные водоемы являются источником неприятных запахов, ухудшают эстетический облик городской среды, снижают качество жизни населения. Все это обуславливает необходимость принятия неотложных мер по очистке и восстановлению водных объектов Тулы.

В настоящее время в Туле реализуется государственная программа «Обеспечение качественных услуг ЖКХ:

1. Строительство цеха механического обезвоживания осадка в рамках первого этапа реконструкции очистных сооружений канализации города Тулы – 336 миллионов рублей. Строительство и реконструкция трех объектов водоснабжения и водоотведения – 1 031 миллиона рублей. Модернизация систем водоотведения – 161 миллион рублей [3].

2. Строительство локальных очистных сооружений на предприятиях. Ряд крупных промышленных предприятий города модернизировали свои системы очистки сточных вод, что позволило снизить сбросы загрязняющих веществ[2].

Экологическая ситуация водоемов Тулы остается напряженной и требует комплексного подхода к решению проблемы загрязнения. Основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия. Наиболее загрязненным водным объектом города является река Упа, качество воды в которой характеризуется как «загрязненная».

Лабораторные результаты сбросов сточных вод с промышленных предприятий в реку Упу, протокол лабораторных исследований 2021 год (Таблица 1) и протокол лабораторных исследований 2024 год (Таблица 2) [4].

Таблица 1
Результат лабораторных анализов за 2021 год

Показатель	Норма	Значение из документа	Превышение нормы (%)
Взвешенные вещества	13,55 мг/дм ³	18,2 мг/дм ³	+34.45%
БПК ₅	2,1 мг/дм ³	3,5 мг/дм ³	+66.67%
Сухой остаток	1000 мг/дм ³	950 мг/дм ³	-5%
Хлорид анион	300 мг/дм ³	290 мг/дм ³	-3.33%
Сульфат анион	100 мг/дм ³	105 мг/дм ³	+5%
Нефтепродукты	0,05 мг/дм ³	0,07 мг/дм ³	+40%
Железо	0,1 мг/дм ³	0,15 мг/дм ³	+50%
Нитрат анион	40 мг/дм ³	38 мг/дм ³	-5%
Нитрит анион	0,08 мг/дм ³	0,09 мг/дм ³	+12.5%
Медь	0,001 мг/дм ³	0,002 мг/дм ³	+100%
Фосфаты	0,2 мг/дм ³	0,18 мг/дм ³	-10%
АСПАВ	0,1 мг/дм ³	0,12 мг/дм ³	+20%
Никель	0,01 мг/дм ³	0,015 мг/дм ³	+50%
Хром 6+	0,02 мг/дм ³	0,025 мг/дм ³	+25%
Хром 3+	0,07 мг/дм ³	0,06 мг/дм ³	-14.29%
Цинк	0,01 мг/дм ³	0,02 мг/дм ³	+100%
Аммоний ион	0,50 мг/дм ³	0,45 мг/дм ³	-10%

Таблица 2
Результат лабораторных анализов за 2024 год

Показатель	Норма	Значение из документа	Превышение нормы (%)
Взвешенные вещества	13,55 мг/дм ³	20,33 мг/дм ³	+50%
БПК5	2,1 мг/дм ³	4,2 мг/дм ³	+100%
Сухой остаток	1000 мг/дм ³	950 мг/дм ³	-5%
Хлорид анион	300 мг/дм ³	290 мг/дм ³	-3.33%
Сульфат анион	100 мг/дм ³	230 мг/дм ³	+130%
Нефтепродукты	0,05 мг/дм ³	0,1 мг/дм ³	+100%
Железо	0,1 мг/дм ³	0,2 мг/дм ³	+100%
Нитрат анион	40 мг/дм ³	38 мг/дм ³	-5%
Нитрит анион	0,08 мг/дм ³	0,09 мг/дм ³	+12.5%
Медь	0,001 мг/дм ³	0,0025 мг/дм ³	+150%
Фосфаты	0,2 мг/дм ³	0,18 мг/дм ³	-10%
АСПАВ	0,1 мг/дм ³	0,12 мг/дм ³	+20%
Никель	0,01 мг/дм ³	0,015 мг/дм ³	+50%
Хром 6+	0,02 мг/дм ³	0,06 мг/дм ³	+200%
Хром 3+	0,07 мг/дм ³	0,06 мг/дм ³	-14.29%
Цинк	0,01 мг/дм ³	0,025 мг/дм ³	+150%
Аммоний ион	0,50 мг/дм ³	0,45 мг/дм ³	-10%

Исходя, из данных протоколов можно сделать вывод о кратном увеличении показателей химический веществ и впоследствии это приводит к негативному воздействию на водный объект города Тулы. Данное увеличение также коррелирует с проведением специальной военной операцией и повышением производственных мощностей и это сказалось на водных объектах.

Поэтому ключевыми направлениями работы по оздоровлению водоемов и поверхностных вод города Тулы должны стать:

1. Продолжение модернизации городских очистных сооружений и строительство локальных очистных сооружений на промышленных предприятиях.
2. Развитие системы ливневой канализации и очистки поверхностного стока.
3. Усиление контроля за несанкционированными сбросами и свалками на берегах водоемов.
4. Проведение регулярных мероприятий по очистке русел рек и прибрежных территорий.

Реализация этих мер позволит значительно улучшить экологическое состояние водоемов и поверхностных вод Тулы, восстановить их экосистемы и повысить качество жизни населения города.

Список литературы

1. *Новости Тулы – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://newstula.ru/fn_425287.html?ysclid=m2w0dumoby863338796.*
2. *Доклад об экологической ситуации в тульской области за 2023 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://npatula.ru/storage/files/312786936-314488789.pdf>.*
3. *Тульская пресса – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tulapressa.ru/2023/10/v-tule-nachnetsya-pervyj-etap-rekonstrukcii-ochistnykh-2024-godu/?ysclid=m2w0rjp2t150258080>.*
4. *ФГБУ центр лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу*
5. *Момынкул Н.М. Изменения экосистем в условиях климатических факторов: анализ, причины и пути решения / Н.М. Момынкул, А.Д. Тажекова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 48 (495). – С. 66-71. – URL: <https://moluch.ru/archive/495/108523/> (дата обращения: 13.10.2024).*

СОДЕРЖАНИЕ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Панарин В.М., Савин А.О. Опыт Китая по цифровизации экологического мониторинга свалок и полигонов ТБО	3
Панарин В.М., Маслова А.А., Пахомов Е.В., Кондрашов В.А. Структура системы обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения твердых коммунальных отходов	6
Панарин В.М., Маслова А.А., Пахомов Е.В., Кондрашов В.А. Комплексный подход при построении подсистемы оценки экологических рисков для последующего использования территорий рекультивированных полигонов ТКО	11
Панарин В.М., Маслова А.А., Коваленко А.Н. Разработка рекомендаций по обеспечению совершенствования методов экологической безопасности при строительстве промышленных комплексов	15
Панарин В.М., Маслова А.А., Пахомов Е.В., Кондрашов В.А. Методические подходы к экологическому мониторингу процессов в теле полигона	21
Панарин В.М., Пантелеев Н.Н. Анализ подходов к прогнозированию загрязнения атмосферного воздуха	24
Спиридонова А.П., Гребёнкин А.Н., Гребёнкин А.А. Сорбционная очистка акватории Черного моря от аварийных разливов мазута М100	29
Дудкин И.В. Организация и обустройство агроландшафтов с учетом экологических требований	32
Проданов Н.И. Утилизация твердых отходов в Томской области: научно-технические разработки и современное состояние	43
Макаренков Д.А., Назаров В.И., Мавлюдова Я.А. Разработка энергоэффективных технологий гранулирования многокомпонентных отходов на основе реологических моделей	47
Макаренков Д.А., Назаров В.И., Катаева А.Е. Особенности фармацевтических технологий и оборудование для утилизации медицинских и биологических опасных отходов	50
Строкин С.В., Флисюк О.М., Леонова О.В., Доровских И.В. Повышение чистоты подтоварных вод и факельного газа в процессе подготовки нефти с помощью внутренних устройств сепараторов	54
Панков П.П., Бесполитов Д.В., Шаванов Н.Д., Коновалова Н.А. Изучение состава и свойств золошлаковой смеси с целью утилизации в составах композиционных материалов	58
Гимазетдинова Э.Э. Комплексная оценка экологического состояния реки Серебрянка в Измайловском лесопарке (г. Москва) по данным анализа качества воды	60
Довгань С.В., Арёфьева О.Д., Скурихина В.В., Емельяненко Т.А. Состав и строение кобальтсодержащих фентон-подобных катализаторов на основе аморфного диоксида кремния	64
Васькова Н.А., Власов В.В. Перспективы применения вторичного полиэтилентерефталата для модификации дорожных битумов	67
Исаева Ю.Д. Актуальность разработки информационно-измерительной системы для определения источников загрязнения атмосферного воздуха	69
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Изучение влияния диоксида азота на рост онкопатологий в разрезе муниципалитетов Тульской области	72
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Картирование атмосферного содержания диоксида азота в разрезе муниципалитетов Тульской области	80

Савинова Л.Н., Векшина В.А. Обзор современных методов очистки газовых выбросов от оксидов азота	86
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Токсичное действие тяжелых металлов на гидробионты	94
Подшибякина А.А. Влияние энергетики на окружающую среду	100

ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ.

ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Будюков Ю.Е., Буканов А.А., Спирин В.И., Будюкова Т.Ю., Огнев Н.Е. Современные патентные разработки алмазных буровых расширителей	103
Левина Т.А., Лобов В.Д. Гигиеническая оценка неблагоприятных производственных факторов на мусоросортировочном комплексе	107
Левина Т.А. Оценка техногенной нагрузки горнопромышленного комплекса на почву и растительность	113
Ступин А.С. Регуляторы роста растений в биотехнологии и растениеводстве	119
Коннов В.И., Юдина В.Ф. Определение общего теплового потока в насыпи зимой	122
Гусев А.А., Витковская Р.Ф., Нестерова Т.М., Портнова Т.М. Совместное применение методов кавитации и коагуляции для очистки природных вод	125
Захаров В.Н., Кузнецова И.И., Культин Д.Ю., Лебедева О.К., Чаркин Д.О., Чернышев В.В., Асланов Л.А., Кустов Л.М. Современные подходы к синтезу аммиака в мягких условиях электрохимическим способом	128
Богунова И.В., Седишев И.П., Степанова Г.П. Перспективы применения противомикробных производных разветвленного олигглуксаметиленгуанидина в замкнутых системах. Сообщение 2*. Проблемы борьбы в лечебных учреждениях против патогенных микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью	132
Иванова Е.А., Шарлаева Е.А., Бобина И.В. Липидный профиль и оценка риска развития атеросклероза у городских жителей	137
Егорова Т.Л., Шубин Д.Э. Оценка эффективности проветривания в учебных аудиториях на основе математической модели динамики CO ₂	140
Петров С.Б., Петров Б.А., Дубровина О.И. Факторный анализ влияния многокомпонентного аэрогеографического загрязнения городской территории на заболеваемость детского населения	143
Михайлович Н., Кочетов А.Н. Перспектива использования «возобновляемых источников энергии»	145
Хадарцев А.А., Волков А.В. Гелиогеофизические факторы динамики эпидемического процесса COVID-19 и результаты его моделирования	154
Пушилина Ю.Н., Гнутова М.О. Пространственное разнообразие и элементы ландшафта	162
Пушилина Ю.Н., Комягина Е.И. Экологичная реконструкция и реставрация	166
Кулакова В.И. Органичное вписывание зданий в окружающее пространство	170
Пушилина Ю.Н., Лощинин Д.В. Современный город – территория нерешенных экологических проблем	173
Пушилина Ю.Н., Афанасьев А.А. Промышленные зоны города – экологическая реконструкция. Обновление санитарно-защитных зон. Роль пограничных участков между промышленной и иной зоной	176
Пушилина Ю.Н., Булычева Е.И. Экологические проблемы освоения подземного пространства	179
Козеев В.В. Анализ самых «грязных» городов России	182

Журавлева С.М. Гармоничное взаимодействие архитектуры с природными стихиями и элементами	185
Зорина А.А. Озеленение зданий и улиц современного города	190
Петросян С.Р. Создание комфортной искусственной среды обитания людей в ее естественном синтезе с живой природой	192

ВОПРОСЫ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Назаров В.И., Немерюк А.М. Разработка процессов синтеза карбоксилатов металлов, используемых в сцинтилляционных составах	196
--	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

Нестерова Т.М., Витковская Р.Ф., Портнова Т.М. Комплексная система управления процессом деманганации	201
--	-----

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Путилова Т.А. Рациональное природопользование: наилучшие доступные технологии	203
Полякова Ю.М., Лопатин Р.И. Методическое изложение аналитического подхода к оценке зон воздействия на объекты растительного и животного мира при строительстве линий электропередач	205
Захарова Н.Ю., Кукушкина О.В., Назаренко Л.В. Учебник для экологического образования	214
Азарова М.Д. Подход к определению массы выбросов загрязняющих веществ на основе удельных показателей	216
Рылеева Е.М., Кытин Д.В. Экологическая ситуация водоемов и поверхностных вод Тулы	218